

ÜBER DEN BLEI- UND CADMIUMGEHALT
DES ZAHNSTEINS UND DER ZÄHNE
BEI BEWOHNERN IM GEBIET
VERSCHIEDENER BLEI- UND ZINKHÜTTEN

Leonore Sonntag - Dierks

1982

Aus der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
(Direktor: Prof. Dr. E. SONNABEND)
der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Universität München

ÜBER DEN BLEI- UND CADMIUMGEHALT DES ZAHNSTEINS UND DER
ZÄHNE BEI BEWOHNERN IM GEBIET VERSCHIEDENER
BLEI- UND ZINKHÜTTEN

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Leonore SONNTAG - DIERKS
aus Wolfsburg
1982

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin der Universität
München

Berichterstatte:r: Prof. Dr. E. SONNABEND

Dekan: Prof. Dr. W. SPANN

Tag der mündlichen Prüfung: 04.11.1982



Meinem Mann und unseren Kindern in Dankbarkeit gewidmet

1.	INHALT	1
2.	1. KAPITEL	1
3.	2. KAPITEL	1
4.	3. KAPITEL	1
5.	4. KAPITEL	1
6.	5. KAPITEL	1
7.	6. KAPITEL	1
8.	7. KAPITEL	1
9.	8. KAPITEL	1
10.	9. KAPITEL	1
11.	10. KAPITEL	1
12.	11. KAPITEL	1
13.	12. KAPITEL	1
14.	13. KAPITEL	1
15.	14. KAPITEL	1
16.	15. KAPITEL	1
17.	16. KAPITEL	1
18.	17. KAPITEL	1
19.	18. KAPITEL	1
20.	19. KAPITEL	1
21.	20. KAPITEL	1
22.	21. KAPITEL	1
23.	22. KAPITEL	1
24.	23. KAPITEL	1
25.	24. KAPITEL	1
26.	25. KAPITEL	1
27.	26. KAPITEL	1
28.	27. KAPITEL	1
29.	28. KAPITEL	1
30.	29. KAPITEL	1
31.	30. KAPITEL	1
32.	31. KAPITEL	1
33.	32. KAPITEL	1
34.	33. KAPITEL	1
35.	34. KAPITEL	1
36.	35. KAPITEL	1
37.	36. KAPITEL	1
38.	37. KAPITEL	1
39.	38. KAPITEL	1
40.	39. KAPITEL	1
41.	40. KAPITEL	1
42.	41. KAPITEL	1
43.	42. KAPITEL	1
44.	43. KAPITEL	1
45.	44. KAPITEL	1
46.	45. KAPITEL	1
47.	46. KAPITEL	1
48.	47. KAPITEL	1
49.	48. KAPITEL	1
50.	49. KAPITEL	1
51.	50. KAPITEL	1
52.	51. KAPITEL	1
53.	52. KAPITEL	1
54.	53. KAPITEL	1
55.	54. KAPITEL	1
56.	55. KAPITEL	1
57.	56. KAPITEL	1
58.	57. KAPITEL	1
59.	58. KAPITEL	1
60.	59. KAPITEL	1
61.	60. KAPITEL	1
62.	61. KAPITEL	1
63.	62. KAPITEL	1
64.	63. KAPITEL	1
65.	64. KAPITEL	1
66.	65. KAPITEL	1
67.	66. KAPITEL	1
68.	67. KAPITEL	1
69.	68. KAPITEL	1
70.	69. KAPITEL	1
71.	70. KAPITEL	1
72.	71. KAPITEL	1
73.	72. KAPITEL	1
74.	73. KAPITEL	1
75.	74. KAPITEL	1
76.	75. KAPITEL	1
77.	76. KAPITEL	1
78.	77. KAPITEL	1
79.	78. KAPITEL	1
80.	79. KAPITEL	1
81.	80. KAPITEL	1
82.	81. KAPITEL	1
83.	82. KAPITEL	1
84.	83. KAPITEL	1
85.	84. KAPITEL	1
86.	85. KAPITEL	1
87.	86. KAPITEL	1
88.	87. KAPITEL	1
89.	88. KAPITEL	1
90.	89. KAPITEL	1
91.	90. KAPITEL	1
92.	91. KAPITEL	1
93.	92. KAPITEL	1
94.	93. KAPITEL	1
95.	94. KAPITEL	1
96.	95. KAPITEL	1
97.	96. KAPITEL	1
98.	97. KAPITEL	1
99.	98. KAPITEL	1
100.	99. KAPITEL	1

<u>Inhaltsverzeichnis</u>	<u>Seite</u>
1. <u>EINLEITUNG</u>	1
2. <u>VORAUSSETZUNGEN FÜR EINE BLEI- UND CADMIUMSPEICHERUNG</u>	3
2.1. Die Verbreitung in der Umwelt	3
2.2. Die toxikologische Auswirkung	6
3. <u>LITERATURÜBERSICHT</u>	11
3.1. Bleiakkumulation	11
3.2. Bleigehalt in Zähnen	11
3.2.1. Normalzivilisatorischer Blei- gehalt in Zähnen	12
3.2.2. Industriebezogener Bleigehalt in Zähnen	13
3.2.3. Intelligenzdefizit in Bezug auf Zahnbleigehalt	15
3.3. Cadmiumtransport und -akkumulation	17
3.4. Cadmiumgehalt in Hartgeweben	20
3.4.1. Cadmiumgehalt in Zähnen	20
3.4.2. Cadmium- und Bleigehalt in Zähnen	21
3.4.3. Industriebezogener Cadmium- und Bleigehalt in Zähnen	21
3.5. Schwermetallgehalt im Zahn- stein	25
3.5.1. Bleigehalt im Zahnstein	25
3.5.2. Cadmium- und Bleigehalt im Zahnstein	26
4. <u>EIGENE UNTERSUCHUNGEN</u>	28
4.1. Situationsdarstellung Oker, eigene Recherchen	28
4.2. Kollektivbeschreibung	36

	<u>Seite</u>
4.3.	Probennahme 37
4.4.	Blei- und Cadmiumbestimmung mit der Atomabsorptions-Spektral- analyse 38
4.4.1.	Vorbereitung der Proben 39
4.4.2.	Chemische Analysenschritte 40
4.4.2.1.	Aufbereitung der Proben 40
4.4.3.	Bestimmung von Blei und Cadmium im Atomabsorptions-Spektral- photometer 41
4.4.3.1.	Prinzip am Beispiel Blei 41
4.4.3.2.	Eichung 41
4.4.3.3.	Messung 42
5.	<u>ERGEBNISSE</u> 43
5.1.	Vergleichende Darstellung der Ergebnisse 59
5.2.	Korrelation Blei - Cadmium 63
6.	<u>DISKUSSION</u> 70
6.1.	Milchzähne 70
6.1.1.	Literaturvergleich der Blei- gehalte 70
6.1.2.	Literaturvergleich der Cadmiumgehalte 72
6.2.	Zahnstein 73
6.2.1.	Literaturvergleich der Blei- gehalte 74
6.2.2.	Literaturvergleich der Cadmiumgehalte 75
6.3.	Vergleich zwischen Zahnstein und Milchzähnen 76
6.4.	Vergleiche mit Haarunter- suchungen 77

		<u>Seite</u>
6.5.	Beziehung zwischen Blei- und Cadmiumgehalten	78
6.5.1.	Milchzähne	78
6.5.2.	Zahnstein	79
7.	<u>ZUSAMMENFASSUNG</u>	80
8.	<u>LITERATURVERZEICHNIS</u>	82

1. EINLEITUNG

Blei und Cadmium sind notwendige Elemente für die heutige Industrie.

Im menschlichen Organismus können diese Schwermetalle aber bereits in kleinen Konzentrationen schädlich sein. In Luft, Wasser und Nahrungsmitteln lassen sich Blei und Cadmium im allgemeinen nur in Spurenkonzentrationen nachweisen, und zwar als Folge der Verbreitung durch die natürliche Erosion von Erzvorkommen in der Nähe der Erdoberfläche.

Manche Menschen aber werden mit diesen Schadstoffen extrem kontaminiert:

- Personen, die in Ballungsgebieten in hohem Maße den Emissionen der Automobilmotoren ausgesetzt sind
und
- Personen, die im Umfeld der blei- und cadmiumfördernden und -verarbeitenden Industrie leben.

In den Veröffentlichungen der Arbeits- und Umwelthygiene werden seit einigen Jahren die Blutbleikonzentrationen als Maß für die berufliche und ökologische Bleibelastung verwendet.

Die Untersuchungen des Blutes und Urins auf Blei und Cadmium nach den bekannten Kriterien spiegeln nur die jeweils a k t u e l l e S c h w e r m e t a l l e x -
p o s i t i o n wider.

Im Gegensatz dazu geben die Gewebedepots wie Knochen, Leber, Niere, Pankreas, ein Bild von der l a n g -
f r i s t i g e n u n d k u m u l a t i v e n
S c h w e r m e t a l l b e l a s t u n g bei allerdings wesentlich erschwerter Probenentnahme.

So begann man in mehreren Ländern Europas, in Japan und den USA als Indikator für die Schwermetallspeicherung im menschlichen Körper den Blei- und Cadmiumgehalt der Zahnhartsubstanzen und Haare anzusehen.

Erst in neuester Zeit sind durch SONNABEND Untersuchungen über den Blei- und Cadmiumgehalt des Zahnsteins durchgeführt worden.

SONNABEND und EMSLANDER führten 1979 aus:

"Die Bestimmung des Bleigehalts im Zahnstein erwies sich im Vergleich zu den traditionellen Indikatoren Bleigehalt im Knochen beziehungsweise in Zahnhartgeweben für den Nachweis chronischer Bleibelastung als sehr geeignet, zumal die Gewinnung des Untersuchungsmaterials hier besonders einfach ist."

Diese gesicherten Verfahren und Erkenntnisse werden in der folgenden Arbeit angewandt. Es ist unverständlich, daß diese Methode zum Nachweis chronischer Schwermetallbelastung bisher so wenig genutzt wurde.

Ziel dieser Arbeit ist es, im Raum Goslar, der in der letzten Zeit durch hohen Blei- und Cadmiumgehalt in der Umwelt in die öffentliche Diskussion geraten ist, die bisherigen Untersuchungsergebnisse durch Zahn- und Zahnsteinanalysen zu ergänzen.

2. VORAUSSETZUNGEN, DIE ZUR CADMIUM- UND BLEI-
SPEICHERUNG IM MENSCHLICHEN KÖRPER FÜHREN

2.1. Die Verbreitung von Blei und Cadmium in der
Umwelt

Vorkommen

B l e i , schon im Altertum ein bekanntes und weitverbreitetes Metall, kommt in der Natur hauptsächlich in der Oxidationsstufe und nur selten gediegen vor. Wichtigstes Erz ist der Bleiglanz.

C a d m i u m hingegen wurde in dem Erz Zinkblende erst 1817 von F. STROHMEYER entdeckt und bekam diesen Namen, der im Altertum eine Benennung für Zink war.

Verwendung

Die Hauptmenge des C a d m i u m s wird als Legierungspartner verwendet. Etwa 40 % werden in der Pigmentproduktion gebraucht. Es dient als Kunststoffstabilisator und Rostschutz und wird beim Elektroplattieren, bei der Glasherstellung und in der Fotografie benötigt.

B l e i findet in der Akkumulatorenherstellung Anwendung, dient als Kraftstoffzusatz und Kabelummantelung, als Farbzusatz und Zusatz zu Glasuren einfacher Gebrauchskeramik.

Emissionen

Zwei Hauptquellen führten zur bisher ständig ansteigenden Umweltverschmutzung mit Blei, beziehungsweise Cadmium.

Mobile Emittenten

Ottomotoren in Kraftfahrzeugen verbrennen Benzin, dem als Klopfbremse Bleitetraäthyl beigefügt worden ist. Emittiert wird eine Blei-Halogenverbindung (Chlor + Brom), die etwa zur Hälfte im Umkreis von hundert Metern von der Emissionsquelle abgelagert wird.

Etwa ein Drittel des Volumens, bestehend aus ganz feinen Partikeln, wird über große Entfernungen getragen (FOLKESON 1976, zitiert bei FRIBERG, Handbook on the toxicology of metals).

Als Umweltverschmutzer verliert aber diese Komponente zunehmend an Bedeutung.

Auf weit weniger als die Hälfte ist in den letzten zehn Jahren die Bleibelastung der Luft durch den Straßenverkehr gesunken. Ursache ist das Benzin-Blei-Gesetz, das am 1. Januar 1972 erstmals den Bleigehalt im Benzin beschränkte.

Hinzu kommen konstruktive Maßnahmen an Motoren und Fahrzeugen und Verhaltensänderungen der Verbraucher.

Stationäre Emittenten

Verschiedene Quellen in den USA und der Bundesrepublik klassifizieren "die Industrie" generell in die Gruppe der dominierenden Emittenten von toxischen Schwermetallen.

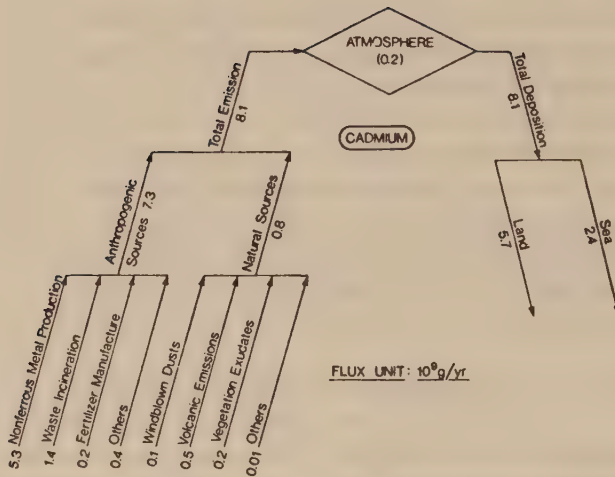
Die fünf Blei- und Zinkhütten fallen in der Bundesrepublik unter diese Bezeichnung, die Zinkhütten deshalb, weil bei der Verhüttung von Zink Cadmium anfällt, das im Kristallgitter der Zinkblende eingelagert ist.

Bei der Gewinnung und Verarbeitung der Schwermetalle gelangen trotz verschiedener Präventivmaßnahmen feine Partikel in die Atmosphäre und lagern sich in klimatisch begünstigten Gebieten ab.

ALESSIO et al. (1979) zeigen anhand von Diagrammen, daß erhebliche jahreszeitliche Schwankungen der Umweltverschmutzung annähernd gleichmäßig mit Blei, Cadmium, Zink und Eisen in der Region von Industriestädten auftraten, so daß Witterungseinflüsse eine wesentliche Rolle spielen dürften.

Im Gegensatz zur Verbreitungsart der meisten Metalle wird B l e i vornehmlich durch die Luft, zu einem kleineren Prozentsatz durch Wasser verbreitet (MATSON 1968, zitiert bei FRIBERG, Handbook on the toxicology of metals).

Der jährliche industrielle C a d m i u m - Zyklus überschreitet den natürlichen um das Zehnfache. Cadmium hat in der Luft eine Verweildauer von 7 Tagen. Man nimmt an, daß 30 % des gesamten Cadmiums in den Meeren abgelagert werden (NRIAGU 1978).



Diese Darstellung veranschaulicht die atmosphärische Komponente des Cadmiumkreislaufs in der Welt.

NRIAGU, J. O.

Cadmium in the Environment

Part I: Ecological Cycling

2.2. Die toxikologische Auswirkung auf den menschlichen Organismus

Blei, oral aufgenommen, wird im allgemeinen schlecht resorbiert (8 %). Bei Stoßaufnahmen hoher Dosen können akut toxische Mengen zur Resorption gelangen.

Lungengängige Aerosole der Salze und Oxide des Bleis gelangen je nach Partikelgröße und Löslichkeit zu 50 bis 80 % zur Resorption (NRIAGU, J. O. 1980).

Die maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK) ist mit 0,15 mg Blei pro 1 m³ Luft festgelegt worden.

RABINOWITZ, WETHERILL und KOPPLE teilten 1976 das gesamte Blei im normalzivilisatorischen menschlichen Körper folgendermaßen auf:

Das B l u t enthält schätzungsweise 1,7 bis 2,0 mg Blei mit einer durchschnittlichen Verweildauer von 35 Tagen. Es ist vor allem an die Erythrocyten gebunden. Der Bleigehalt im Plasma beträgt nur ein Sechstel davon.

Die Weichgewebe enthalten 0,3 - 0,9 mg Blei mit einer Verweildauer von 40 Tagen.

Die Hauptmenge wird als schwerlösliches tertiäres Bleiphosphat mit einer sehr hohen Verweildauer im Skelett gespeichert.

Im gesunden Organismus besteht ein Fließgleichgewicht des Bleistoffwechsels. Da das Blei aus den Depotorganen wieder mobilisiert wird, ergibt sich ein relativ konstanter Blut- und Harnbleispiegel.

GOLDWATER und HOOVER ermittelten 1967 einen internationalen Mittelwert von 17 µg Blei pro 100 ml Blut.

Der Rat der Europäischen Gemeinschaften hat am 28. Juli 1982 eine neue Richtlinie zum Schutz der Arbeitnehmer gegen metallisches Blei und seine Ionenverbindungen herausgegeben. Darin ist der Grenzwert für Bleikonzentrationen in der Luft mit 150 µg/m³ und für den Blutbleispiegel mit 70 µg/100 ml (1979: 60 µg/100 ml) festgelegt worden. (Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 247/12, 1982.)

Für Bevölkerungsgruppen ohne Bleirisiko gilt ein Richtwert von 35 µg Blei pro 100 ml Blut bei 98 % der Menschen.

Die Bleischädigung findet an 3 Orten im menschlichen Körper statt:

1. an der glatten Muskulatur (am Dickdarm und verschiedenen Endstrombahnen)
2. am erythrocytären System (Porphyrinstoffwechselstörung durch Enzyminaktivierung)
3. am motorischen Nervensystem (Degeneration effe-renter motorischer Neuronen).

Es resultieren daraus bei a k u t e r V e r g i f -
t u n g Darmkoliken und eine Bleienzephalopathie.

Bei c h r o n i s c h e r I n t o x i k a t i o n
treten nach stummem Vorstadium Gefäßspasmen und deren
Auswirkung auf das Zentralnervensystem, den Verdauungs-
trakt und die Nieren auf. Sichtbar wird die Schädigung
in den Tüpfelzellen, der Anämie, den Bleiliniën, der
Osteosklerose und dem Bleisaum.

Die Spätschäden manifestieren sich in der Lähmung peri-
pherer motorischer Nerven (Nervus radialis) einer En-
zephalopathie und einer terminalen Kachexie.

Nierenschädigungen werden nur in schweren Fällen einer
Bleivergiftung gefunden, wenn bereits klinische Symp-
tome der Schädigung des Knochenmarks und des peripheren
Nervensystems vorliegen. Unter den heutigen Arbeits-
platzverhältnissen ist eine Nierenschädigung durch be-
rufliche Bleiexposition nur in Einzelfällen zu er-
warten (SCHALLER und Mitarbeiter 1980).

C a d m i u m ist in allen chemischen Verbindungen
toxisch. 1858 beschrieb SAVOT erstmals eine akute
Cadmiumvergiftung, deren Entstehung für weitere
62 Jahre unerklärlich war.

Heute weiß man, daß Cadmium eine oxidative und denaturierende Wirkung auf alle Proteine ausübt und gleichzeitig die Phosphorylierung in den Mitochondrien entkoppelt.

Einmal resorbiertes Cadmium ist stark an bestimmte Blut- und Gewebsproteine gebunden.

Die Hauptmenge der täglichen Cadmiumaufnahme erfolgt durch die Nahrung. Trinkwasser enthält wenig Cadmium. Die normale tägliche Cadmiumaufnahme liegt zwischen 15 und 75 µg. Eine Aufnahme von 200 - 300 µg täglich kann mit einer gesteigerten tubulären Proteinurie in Zusammenhang gebracht werden (KJELLSTRÖM 1979).

Das Krankheitsbild der akuten Cadmium-Intoxikation ist charakterisiert durch entzündliche Prozesse im Bereich des Respirations-, beziehungsweise Intestinaltrakts.

Bei der chronischen Erkrankungsform finden sich entzündliche und atrophische Veränderungen der Atemwege, wobei häufig ein Lungenemphysem besteht. Die Niere stellt bei einer Cadmium-Exposition das Zielorgan dar (FRIBERG et al. 1974).

Nach FRIBERG 1979, ROELS et al 1979 liegt die kritische Cadmiumkonzentration in der Niere bei 200 µg/g Naßgewicht.

Beim Lungenemphysem handelt es sich um eine spätere Auswirkung der Cadmiumvergiftung als die Nierenschädigung (SCHALLER 1981).

Die Toxizität von Cadmium ist hoch und die normale Arbeitsplatzkonzentration soll nicht mehr als $0,05 \text{ mg/m}^3$ Luft betragen.

Von der EG-Kommission ist bisher aus Mangel an fundiertem Material kein Richtwert für den Blutcadmiumspiegel veröffentlicht worden, analog der Blutbleiblastung.

Der derzeit diskutierte arbeitsmedizinisch tolerierbare Grenzwert liegt bei $10 \text{ } \mu\text{g}$ Cadmium pro l Blut (= $1,0 \text{ } \mu\text{g}$ Cd pro 100 ml Blut). Männer weisen im allgemeinen höhere Cadmiumkonzentrationen auf (SCHALLER 1981).

Nach LAUWERYS et al. (1982) soll bei Personen, die Cadmium nicht berufsbedingt ausgesetzt sind, der Blut- und Urincadmiumgehalt $0,5 \text{ } \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ nicht überschreiten, beziehungsweise $2 \text{ } \mu\text{g}$ Cadmium pro g Kreatinin.

3. LITERATURÜBERSICHT

3.1. Bleiakkumulation

STÖFEN (1978) sagt, daß das Blei zwischen den Depotorganen und dem Blut im Tagesrhythmus pendelt und durch Umstände wie Streß, Temperaturänderungen und Schwangerschaft mobilisiert wird. Bleispeicherung (in den Weichgeweben wie Leber, Nieren, Pankreas, im Knochen wie auch in den Haaren, Zähnen und Zahnstein) müsse stattfinden, weil der Blutbleigehalt bei der Bevölkerung in Industrieländern um 80 % höher liege als der vergleichbare Harnbleigehalt. Bei Ureinwohnern am Orinoco sei diese Differenz nur sehr gering (STÖFEN zitiert HECKER 1974).

Kalzifizierte feste Gewebe sind die Hauptorte der Bleiabsorption. In einem pädiatrischen Blei-Screening sind Zähne die entscheidenden Indikatoren für einen vergangenen oder bestehenden hohen Bleigehalt des Organismus (BEATTIE et al. 1975, MACKIE et al. 1977, FOSSE und JUSTESEN 1978).

3.2. Bleigehalt in Zahnhartgeweben

Sehr früh schon wurde das Depotorgan Zahn auf Blei untersucht:

CAROW (1910)

HINTZE (1912)

PFRIEME bestimmte schon 1934 und TIMM 1936 einen normal-zivilisatorischen Bleigehalt in Zähnen Nichtbleibelasteter. Nach BARRY (1975) werden über 90 % des Bleis im menschlichen Körper im Knochen eingelagert.

Nach Untersuchungen von EMSLANDER (siehe 3.5.1.) speichert die Zahnwurzel die gleiche Menge Blei wie der Alveolarknochen. STREHLOW stellte 1974 fest, daß das im Zahn eingelagerte Blei nicht wieder mobilisiert wird, im Gegensatz zum Blei im Knochen.

Seit den 60er Jahren finden sich vermehrt Untersuchungen über den Bleigehalt in Zähnen (zitiert bei EMSLANDER). Es handelt sich überwiegend um das Sulfid-Silber-Verfahren des histochemischen Laboratoriums des Max-Planck-Instituts für experimentelle Medizin in Göttingen (Leiter: Professor Dr. Dr. F. TIMM).

OHM (1964), ZENTAY (1968), BETHKE (1968), HENNINGS (1969), BARDOS (1970), GÖDRÖS (1970)

3.2.1. Normalzivilisatorischer Bleigehalt in Zähnen

CARROLL, NEEDLEMAN, TUNCAY und SHAPIRO (1972) untersuchten längsdurchtrennte Zähne mit einem elektronischen Mikroanalysator. Sie registrierten Blei an hypomineralisierten Zonen im Schmelz, Dentin, Wurzeldentin und Sekundärdentin. Die höchsten Bleiwerte fanden sich im pulpennahen Sekundärdentin.

MOORE (1978) analysierte in Glasgow Zähne von 109 Kindern im Alter von 4 - 14 Jahren und kam zu dem Schluß, daß mit zunehmendem Alter die Bleikonzentration zunimmt. Die Zahnbleikonzentration war höher, je länger das Kind im Haus mit Bleiwasserrohren lebte. Andere Bleiquellen waren nicht ausgeschlossen. Es bestand kein Unterschied zwischen dem 1. und 2. Milchmolaren. Die Zahnbleibestimmung wurde an Molaren nach Entfernung von Amalgamfüllungen und Caries durchgeführt. Die Bleianalyse erfolgte polarographisch und das Trinkwasser wurde atomabsorptionsspektrometrisch untersucht.

3.2.2. Industriebezogener Bleigehalt in Zähnen

In neuerer Zeit, mit zunehmendem Umweltbewußtsein, erstrecken sich die Untersuchungen vorwiegend auf den Personenkreis, der industriellbedingt mit Blei kontaminiert wird.

EMSLANDER studierte 1978 mit Hilfe der Atomabsorptionsspektrometrie die Bleiwerte von Zahnkrone, Zahnwurzel, Alveolarknochen und Venenblut parallel bei 21 normalzivilisatorisch bleibelasteten und 5 beruflich bleibelasteten Personen. Er untersuchte frischgewonnenes Material und vorwiegend jeweils am selben Patienten. Die beruflich Bleibelasteten hatten stark erhöhte Bleigehalte bei allen untersuchten Parametern. Es gab keinen Unterschied im Vergleich Zahnwurzel, Zahnstein und Alveolarknochen. Hochsignifikant niedriger lag der Bleigehalt der Zahnkrone.

Mittelwert für das Normalkollektiv in $\mu\text{g/g}$	Bleiwerte (nicht Mittelwert) für beruflich Belastete in $\mu\text{g/g}$
-----	-----
Zahnstein 4,37	3,7 bis zum 49,2 Fachen
Krone 3,17	1,6 bis zum 7,2 Fachen
Wurzel 5,41	5,8 bis zum 18,1 Fachen
Alveolarknochen 4,95	7,0 bis zum 56,4 Fachen

MACKIE untersuchte 1977 den Bleigehalt von 1.392 Milchzähnen von Kindern aus Birmingham.

Verwendet wurden Zähne, die vom Schulzahnarzt gesammelt waren, keine Amalgamfüllungen aufwiesen und weniger als zu 30 % zerstört waren.

Die Untersuchung erfolgte mit der Atomabsorptions-spektrophotometrie unter Verwendung einer Luft-Acetylen-Flamme.

Es ergab sich ein Mittelwert von 11,8 $\mu\text{g Pb/g}$ Trockengewicht Zahn.

Der höchste Wert lag bei 108,0 bei Jungen und
50,5 $\mu\text{g/g}$ bei Mädchen.

Wegen der großen Anzahl Zähne kommt er zu der Aussage, daß Kinder mit einem größeren Zahnbleigehalt als 25,0 $\mu\text{g/g}$ einer ungewöhnlich hohen Bleikonzentration ausgesetzt sein müßten.

Vergleiche mit Arbeiten über Zahnuntersuchungen in 11 anderen Orten ergab, daß die ermittelten Werte in Birmingham niedriger waren als in anderen Großstädten wie Philadelphia, Cleveland, Helsinki, Bristol, aber höher als aus Tennessee und ländlichen Gegenden Japans. - Diese Werte sollen auf die guten Ergebnisse der Bleiüberwachung zurückzuführen sein.

BRUDEROLD (1977) fand bei 251 Schmelzprobenuntersuchungen von 9 - 12jährigen Kindern in Cambridge (Mass., USA) einen Bleigehalt von 170 - 5.920 $\mu\text{g/g}$ in einer Schmelztiefe von 0,6 - 3,6 μm .

Die Konzentrationen neigten dazu, an der Oberfläche größer zu sein. (Die Werte erscheinen extrem hoch!) 11 % hatten einen höheren als "normalen" Schmelzblei- wie auch Blutbleigehalt (Cambridge-Trinkwasser wird seit 1972 fluoridiert).

Schmelzprobenergebnisse könnten als Maß für eine früh-kindliche Bleiexposition angesehen werden.

EWERS (1979) untersuchte 994 Milchzähne von 5 - 12jährigen Kindern aus Duisburg und vergleichsweise Gummersbach. Duisburg zählt mit seiner Bleiproduktion und Verarbeitung zu der am stärksten belasteten Industrieregion Europas.

Vom Gesundheitsamt wurden

904 Zähne in Duisburg

60 Zähne in Gummersbach gesammelt.

Es ergab sich ein geometrischer Mittelwert des Zahnbleigehalts der Kinder in:

Duisburg von 4,57 $\mu\text{g/g}$

Gummersbach von 2,74 $\mu\text{g/g}$.

Methode: Zähne wurden mit der Atmoabsorptionsspektrometrie im Graphitrohr und automatischer Probeninjektionsvorrichtung auf Blei analysiert.

Im Vergleich zu anderen Autoren (siehe auch MACKIE) liegen die Werte eher im unteren Bereich der Skala von 12 Milchzahnuntersuchungen in Europa, USA und Japan. Diese Werte seien nur bedingt zu vergleichen, da unterschiedliche Zahntypen verwendet wurden.

Der Bleigehalt nimmt vom Schneidezahn über den Eckzahn zu den Molaren stetig ab (LOCKERETZ 1975, MACKIE 1977). Diese Unterschiede sind nicht von allen Autoren beachtet worden.

3.2.3. Intelligenzdefizit in Bezug auf Zahnbleigehalt

Neuropsychologische Auswirkungen des Bleis auf Kinder wurden seit 1970 in insgesamt 19 Arbeiten untersucht, davon 2 Arbeiten, bei denen der Zahnbleigehalt als Maß der kumulativen Bleibelastung zugrundegelegt wurde.

Der Zusammenhang von frühkindlicher Bleibelastung und einem Intelligenzdefizit konnte bisher noch nicht als bewiesen gelten.

1978 berichteten WINNEKE und HRDINA auf einer Arbeitstagung der deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie am 2. und 3. Oktober in Mainz über neuropsychologische Untersuchungen an Kindern mit erhöhtem Zahnbleigehalt.

"Die Befunde sind jedoch widersprüchlich und basieren durchweg auf methodisch angreifbaren Untersuchungen, so daß ein Zusammenhang zwischen umweltbedingt erhöhter, frühkindlicher Bleibelastung und neuropsychologischen Störungen wissenschaftlich noch nicht als bewiesen gelten kann." WINNEKE, G.: (Symposium "Das Strahlenrisiko im Vergleich zu biologischen und chemischen Risiken" vom 8. bis 10.05.1980 in Homburg/Saar, Vortrag.)

NEEDLEMAN (1979) verglich in Massachusetts 58 Kinder mit hohem und 100 Kinder mit niedrigem Dentin-Bleigehalt. Verschiedene Intelligenztests, - einschließ-lich der Ergebnisse auf der Wechsler-Skala, - ergaben für die Kinder mit hohem Dentinbleigehalt weniger positive Ergebnisse.

Ebenso verhielt es sich bei schulischen Leistungen aller 2.146 Kinder, deren Zähne auf Dentinbleigehalt untersucht wurden. Die Häufigkeit von Anpassungsschwierigkeiten im Klassenverband stand in direkter Beziehung zum Dentinbleigehalt. Das traf auch für Kinder zu, die einer Bleidosis ausgesetzt waren, die keine klinischen Symptome erkennen ließ.

Methode:

Die Zähne von Kindern der ersten und zweiten Klasse wurden vom Lehrer gesammelt. Sie wurden ultraschallgereinigt. Es wurden keine Zähne mit Füllungen verwendet. Ein Teil des Dentins von einer 1 mm starken Zahnscheibe, zentral-sagittal durch den Zahn geschnitten, wurde anodisch elektrolytisch (anodic stripping voltammetry) auf Blei untersucht.

3.3. Cadmiumtransport und -akkumulation

Neben diesen Bleiuntersuchungen wurden in neuerer Zeit vermehrt Cadmiumbestimmungen in Depotorganen durchgeführt.

Cadmium ist im menschlichen Organismus kumulativ toxisch mit einer sehr langen biologischen Halbwertszeit von mehr als 10 Jahren. Es wird hauptsächlich in Leber und Niere gespeichert. Die ersten biologischen Anzeichen von Cadmium in der Niere finden sich in einer gesteigerten Proteinurie (LAUWERYS 1979).

KJELLSTRÖM veröffentlichte 1979 die Ergebnisse einer Untersuchung über die Cadmiumbelastung und Cadmiumakkumulation an Bevölkerungsgruppen in Japan, den USA und Schweden, die 1972 angelaufen war.

Untersucht wurde mit der Atomabsorptionsmethode und der "neutron activation"-Analyse in mehreren Laboratorien. Man stellte fest, daß in der Leber, der Nierenrinde und dem Pankreas ein schneller Anstieg des Cadmiumgehaltes bis zum 35. Lebensjahr zu verzeichnen war, im Muskel jedoch ein kontinuierlicher Anstieg bis ins hohe Lebensalter. Daraus könne man auf eine höhere Halbwertszeit des Cadmiums im Muskelgewebe schließen.

Frauen hatten höhere Cadmiumgehalte im Gewebe als Männer und Raucher höhere als Nichtraucher. Die Cadmiumkörperbelastung eines nichtrauchenden Mannes betrage schätzungsweise:

16 - 17 mg in Japan

5 - 6 mg in den USA und Schweden.

Aus amerikanischen und schwedischen Werten sei zu entnehmen, daß sich die gesamte Körperbelastung bei Rauchern um 4 mg erhöhe.

Die tägliche Cadmiumaufnahme mit der Nahrung betrug ungefähr 35 µg in Japan, 17 µg in den anderen Ländern.

Die größte Cadmiumakkumulation fand sich in der Nierenrinde mit mehr als dem Zehnfachen gegenüber Leber und Pankreas. Der Muskel hatte die geringste Gewebsbelastung.

Die kritische Belastung für die Ausprägung einer Cadmium-Nephropathie wird von FRIBERG und Mitarbeitern (1974) mit 200 µg Cd/g Nierenmark angegeben.

Bekannt ist, daß das niedermolekulare, intracelluläre Protein Metallothionin eine hohe Affinität zu Cadmium, Zink und Quecksilber besitzt und bei Vorhandensein dieser Metalle besonders in Leber und Niere gebildet wird.

Nach Untersuchungen von JOHNSON (1980) an Ratten und Kaninchen ist anzunehmen, daß das Metallothionin eine mögliche Transportfunktion für Cadmium übernimmt. Ein direkter Einfluß des Metallothionins auf die Cadmiumausscheidung im Stoffwechsel scheint unwahrscheinlich. Während extracelluläres Cadmium-Metallothionin nephrotisch wirkt, verhält sich intracelluläres Cadmium-Metallothionin der Niere gegenüber indifferent. Es liegt nahe, daß die renale Cadmium-Metallothionin-Resorption von der Zelloberfläche abhängig sei.

BAWDEN und HAMMARSTRÖM registrierten 1975 bei Ratten nach peritonealer Injektion von Cadmium 109 eine nennenswerte Anreicherung dieses Schwermetalls im Schmelz, entsprechend der Injektionsmenge.

FOSSE und JUSTESEN zitieren COUSINS et al. (1973), die ebenfalls im Tierversuch eine Korrelation zwischen der Cadmiumanreicherung im Schmelz zu der in Leber und Nieren feststellten. Dies zeige, daß Zähne als Indikatoren für eine Cadmiumaufnahme im toxischen Bereich fungieren könnten.

Sie untersuchten selbst von 1972 bis 1975 an 2.169 Milchzähnen aus 14 der 19 norwegischen Provinzen mit der Atomabsorptionsmethode und der "boat technique" den Cadmiumgehalt.

Das arithmetische Mittel aller Zähne betrug $0,428 \mu\text{g/g}$ $\pm 0,696 \mu\text{g}$ Cadmium pro g Zahn.

Die Anreicherung im Schmelz gegenüber der im Dentin betrug im Durchschnitt das Vierzehnfache.

Daraus ergibt sich mit Berücksichtigung der Gewichtsunterschiede für Dentin- und Schmelzkonzentrationen eine Multiplikation des Ganzzahncadmiums mit dem Faktor 0,27 beziehungsweise 3,9.

Sie vermuten, daß der Schmelz eine bessere Korrelation zur Nierengewebsbelastung darstelle als das Dentin.

Die Ganzzahn-Cadmiumbestimmung eines Drittels des Untersuchungsmaterials lag unter $0,05 \mu\text{g}$ Cadmium pro g Zahn.

Die höchsten Cadmiumgehalte fanden sich in Milchzähnen aus einer Industriegemeinde.

Zähne seien als Indikatoren nur bedingt verlässlich. Im subtoxischen Bereich spiegelten sie nicht die wirkliche Körperbelastung dieses Schwermetalls wider.

1980 stellten FOSSE und WESENBERG fest, daß die Milchzähne aus der vorindustriellen Zeit keine niedrigeren Cadmiumgehalte aufwiesen als Zähne heutiger Kinder in der gleichen ländlichen Gegend.

3.4. Cadmiumgehalt in Hartgeweben

Cadmium lagert sich nicht wie Blei bevorzugt in kalzifizierten festen Geweben ab.

SUMINO et al. bestimmten 1975 den Cadmiumgehalt des menschlichen Körpers mit	32,0 mg	
der Nieren mit	12,0 mg	und
des gesamten Skeletts mit	0,82 mg.	

3.4.1. Cadmiumgehalt in Zahnhartgeweben

BAWDEN und HAMMARSTRÖM fanden 1975 heraus, daß der Schmelz nicht durchgebrochener Rattenmolaren mehr radioaktives Cadmium speichert als alle anderen Hartgewebe. Es scheine, daß nur sehr wenig Cadmium nach dem Zahndurchbruch im Schmelz eingelagert werde.

FOSSE und JUSTESEN schlagen vor, eine Zunahme an Cadmium in Zähnen, vornehmlich im Schmelz der Milchzähne, als Index für ein Überangebot an Cadmium in der Umwelt zu sehen.

3.4.2. Cadmium- und Bleigehalt in Zahnhartgeweben

LANGMYHR und SUNDLI untersuchten 1974 in Oslo 14 ganze durchgebrochene und nicht durchgebrochene Zähne mit der Atomabsorptionsspektrometrie und der "voltammetry stripping"-Methode. Im Hydroxylapatit bestimmten sie für Blei einen Mittelwert von 2,8 ppm und für Cadmium 0,29 ppm.

Mit der Atomabsorptions-Spektralphotometrie analysierten WILKINSON und PALMER 1975 einen mittleren Zahn-cadmiumgehalt von 4,05 µg/g.

Sie untersuchten 336 Zähne aus dem ländlichen Delaware, der Stadtmitte Baltimores und von Indianern aus dem dritten bis siebten Jahrhundert. 230 Zähne aus der ländlichen Gegend hatten mit 4,31 µg/g höhere Cadmiumgehalte als 62 Zähne aus Baltimore mit einem Mittelwert von 3,56 µg/g. Die archäologischen Zähne enthielten kein Cadmium.

3.4.3 Industriebezogener Cadmium- und Bleigehalt in Zähnen

STACK et al. ermittelten an Prämolarenkronen von Kindern aus Bristol einen Zahnbleigehalt von 60 µg/g.

Bei 28 Kindern im Südwesten betrug er 53 µg/g und im schwermetallbelasteten Gebiet im Nordosten ergab sich ebenfalls bei 28 Kindern ein Mittelwert von 71 µg Blei pro g Zahn.

Für Cadmium gab es keinen Unterschied in den beiden Zonen. Der Mittelwert betrug 4,4 beziehungsweise 4,3 µg Cadmium pro g Zahn.

Bei einer weiteren Untersuchung stellten sie fest, daß in Zahnkeimen von Totgeburten aus den Jahren 1972 bis 1973 mehr Blei enthalten war, als bei jenen aus den Jahren 1957 bis 1963.

AURAND und SONNEBORN analysierten 1973 die Metalle Cadmium und Blei in Haaren und Zähnen von 2 - 12jährigen Kindern auf Helgoland, in Berlin und Nordenham und in Haaren von Arbeitern einer Bleihütte.

Sie untersuchten jeweils 50 mg gewaschenes (Ausschaltung der äußeren Kontamination) und getrocknetes Haar und Zähne, deren Füllungen entfernt waren.

Die Messung erfolgte atomabsorptionsspektrometrisch in der Luftacetylenflamme. Auf die zeitaufwendigere flammenlose Untersuchung wurde wegen der gleichen Untersuchungsergebnisse verzichtet.

Sie gewannen folgende Mittelwerte:

Metallgehalt in Haaren in µg/g Haar

	Helgoland	Berlin	Nordenham	Arbeiter Nordenham
Blei	16,0	16,9	44,0	171,0
Cadmium	0,9	1,1	1,8	9,7

Metallgehalt in Zähnen in $\mu\text{g/g}$ Zahn

	Nordenham Stadt	Nordenham Umgebung	Brake
Cadmium	0,7	0,7	0,5
Blei	7,2	7,6	5,3

AURAND hält die Untersuchung der Haare als Screening-test für die Erfassung des Ausmaßes einer Schwermetallbelastung großer Personengruppen besser geeignet als Zähne. Es stehe mehr Material zur Verfügung und sei leichter zugänglich.

1980 untersuchte AURAND daraufhin nur die Haare von 308 Einwohnern im schwermetallbelasteten Gebiet Unteroker, darunter befanden sich 23 Arbeiter aus der Bleihütte. Die Untersuchungen wurden atomabsorptionsspektrometrisch, emissionsspektrometrisch oder polarographisch durchgeführt. Aus den Ergebnissen zieht er folgende Schlüsse:

"Während der Medianwert des Bleigehalts in den Haaren der Kinder in Helgoland und Berlin unter $10 \mu\text{gPb/g}$ Haar liegt, ist er in Oker wie in Nordenham eindeutig höher. Eine auffällige Cadmiumbelastung der Bevölkerung ist aus den Befunden nicht erkennbar."

Bleigehalt im Haar in $\mu\text{gPb/g}$ Haar

	Blei		Cadmium	
	Junge	Mädchen	Junge	Mädchen
Helgoland	7,1	5,8	2,0	0,97
Berlin	13,6	15,7	0,8	1,61
Nordenham	24,4	15,5	2,7	1,09
Oker	58,9	34,1	1,1	0,08

PINCHIN et al. analysierten 1978 im Industriegebiet Newcastle (Großbritannien) 28 ganze Milchzähne von 9 behinderten Kindern im Alter von 3 bis 16 Jahren und 64 Zähne von 18 normalen 4 bis 11 Jahre alten Kindern. Sie verwendeten die "stripping voltammetry"-Methode.

16 Milchmolaren von 7 Kindern enthielten im Mittel $0,03 \mu\text{g}$ Cadmium pro g Zahn.

Schneidezähne ($n = 2$) wiesen weit mehr Cadmium auf, nämlich bis zu $0,28 \mu\text{g}$ pro g Zahn.

An der Schmelzoberfläche, sowohl bei Schneidezähnen als auch Molaren, fand sich die größte Cadmiumkonzentration.

CURZON und CROCKER analysierten 1977 aus dem Schmelz von 451 Zähnen mit verschiedenen Methoden 30 Spurenelemente. Die Ergebnisse wurden statistisch erfaßt und zur Zahncaries in Beziehung gebracht. Cadmium zeigte unter anderen Spurenelementen eine direkte Korrelation zur Caries. Sie erhielten folgende Mittelwerte in $\mu\text{g/g}$ Schmelz:

Cadmium: 1,87

Blei : 19,64

Es wurden Schmelzproben von cariesfreien Zähnen von 10 - 20Jährigen aus 58 Orten der USA und aus Dunedin (Neuseeland) untersucht. Das beinhaltete das breiteste Spektrum an Umweltbelastung.

Anhand einer Blindstudie ermittelte ANDERSON 1978 an 18 zwölfjährigen und 16 fünfzehnjährigen Kindern im schwermetallbelasteten Dorf Shipham (Zinkhüttenzentrum in der Nähe von Bristol) die geringste Cariesrate gegenüber Kindern aus 4 nichtschwermetallbelasteten Dörfern dieser Gegend.

Seine Schlußfolgerung lautet: "Welche Rolle auch immer Blei bei der Cariesentwicklung spielen mag, Cadmium gibt jedenfalls für die Zahngesundheit keinen Grund zur Besorgnis."

3.5. Schwermetallgehalt im Zahnstein

3.5.1. Bleigehalt im Zahnstein

Wenn EMSLANDER in seiner Dissertation von 1978 schreibt, daß es in der Literatur nur sporadische Angaben über Zahnsteinuntersuchungen auf Blei gibt (HINTZE 1912, MINKER 1918, SCHENKEL 1929, SCHMIDT 1933 und PFRIEME 1934), so ist in neuester Zeit noch weniger über Zahnsteinuntersuchungen auf Schwermetalle in der Literatur zu finden.

1978 wurde der Zahnstein als Indikator für eine bestehende Bleibelastung durch Untersuchungen von SONNABEND, BUNZEL, KRACKE und EMSLANDER bestätigt. Es wurde parallel dazu der Bleigehalt in Zähnen, Alveolarknochen und venösem Blut bestimmt.

Sie ermittelten bei 51 untersuchten Personen folgende normalzivilisatorische Mittelwerte für Blei in $\mu\text{g/g}$

Zahnstein	$4,37 \pm 2,12$
Zahnkrone	$3,17 \pm 1,40$
Zahnwurzel	$5,41 \pm 2,28$
Alveolarknochen	$4,95 \pm 1,51$
venöses Blut	$12,01 \pm 3,55 \mu\text{g}/100 \text{ ml Blut}$

Ein Unterschied im Bleigehalt von Zahnwurzel, Alveolarknochen und Zahnstein war nicht feststellbar. In der Zahnkrone lag der Bleigehalt niedriger.

Bei 5 beruflich Bleibelasteten ermittelten sie Werte von 17,5 µg bis 236,0 µg Blei pro g Zahn.

BACZYK verglich 1979 in Polen Zahnstein beruflich bleibelasteter Arbeiter mit dem einer Kontrollgruppe von Buchhaltern. Der Bleigehalt im Zahnstein der Arbeiter war sechsmal höher. Die Zahnsteinproben von 20 - 100 mg wurden mit der flammenlosen Atomabsorptionsmethode auf Blei analysiert.

Da sich die Bestimmung des Bleigehaltes im Zahnstein für den Nachweis einer chronischen Bleibelastung sehr gut eignet und dieser leicht zu gewinnen ist, untersuchten SONNABEND, BUNZL und KRACKE 1978 bzw. HOHMANN 1979 den Bleigehalt von Zahnstein bei Parodontopathien mittels der Atomabsorptionsspektrometrie.

Sie ermittelten, daß der Bleigehalt im Zahnstein von 46 untersuchten Personen bei einer Parodontitis marginalis superficialis mit 8,90 µg/g höher ist als derjenige bei einer Parodontitis marginalis profunda mit 4,95 µg Blei/g Zahn von 51 Personen.

3.5.2. Cadmium- und Bleigehalt im Zahnstein

Zahnsteinuntersuchungen auf Blei und Cadmium gleichzeitig finden wir zuerst bei SONNABEND, SANSONI, HERZOG und KRACKE (1976) bzw. HERZOG (1977).

Die Untersuchungen wurden in ihrer flammenlosen Ausführung im Graphitrohr durchgeführt.

Eine Unterscheidung zwischen subgingivalem und supra-
gingivalem Zahnstein war wegen der geringen Menge der
Proben nicht möglich.

Sie ermittelten hohe Bleiwerte bei Arbeitern in der
chemischen und Automobilindustrie und für Cadmium hohe
Werte bei Verkehrspolizisten und Chemiearbeitern.

	Blei	Cadmium
Normalpersonen n = 75	5,6	0,11
Verkehrspolizisten n = 24	10,98	0,49
Arbeiter im Akku.-Bau n = 9	14,01	0,04
Chemiearbeiter n = 9	45,34	0,84
Arbeiter in der Automobilindustrie n = 40	52,87	0,27

Mittelwerte nach Ausreißerkontrolle in $\mu\text{g/g}$ Zahnstein

4. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

4.1. Situationsdarstellung Oker, eigene Recherchen

Goslar, am Nordrand des Harzes gelegen, besitzt mit dem Rammelsberg das älteste noch betriebene Erz-Bergwerk auf deutschem Boden.

Diese Erzlagerstätte ist die größte bekannte Blei-Zink-Konzentration Europas. Die Entstehung der syn-sedimentären Lagerstätte wird auf die Devonzeit zurückgeführt, vor circa 300 Millionen Jahren. Die Aufschließung der Erzlager erfolgte nachweislich mindestens seit dem Jahre 968.

Zunächst war Silber das begehrteste Metall, sowie das dabei anfallende Blei, während das Zink der Zinkblende (ZnS) in die Schlacke ging und verhaldet wurde.

Die zwei Erzvorkommen, das "Alte und das Neue Lager", zeigen hohe Metallgehalte:

(Kraume E.: 1.000 Jahre Rammelsberg)

	Reicherz	Banderz
Blei	7,4 %	4,5 %
Zink	18,0 %	9,5 %

Cadmium ist mit ca. 0,1 - 0,2 % im Kristallgitter der Zinkblende eingelagert. (Bleimineralien kommen fast immer in Gesellschaft von Zinkerzen vor.)

Bei der später einsetzenden Zinkgewinnung fiel auch Cadmium an.

Die Erzverhüttung wurde zunächst nur dort begonnen, wo Holz als Brennstoff zur Verfügung stand - zurück blieben Schlackenhalde, in der Umgebung verstreut.

Die frühe Entwicklung des Hüttenwesens über Jahrhunderte im Oberharz und rund um den Rammelsberg hat zu einer Konzentration der Betriebsanlagen im Raume Oker-Harlingerode- Bündheim (heute Stadtteile von Goslar beziehungsweise Bad Harzburg) geführt. Die Bleihütte steht seit 1528 auf dem gleichen Gelände, seit dieser Zeit gelangt Blei in die Atmosphäre und in das Erdreich.

Nach dem zweiten Weltkrieg wurden außer den eigenen Erzen erhebliche Mengen an ausländischen oxidischen und sulfidischen Vorstoffen und Althaldenschlacken verhüttet (KRAUME).

Bei der Primärverhüttung - d. h. Metallgewinnung aus Erzen - werden sulfidische Erzkonzentrate durch Röstung vom Schwefel befreit. Beispiel: Zinkgewinnung aus Zinkblende. Der Bleiinhalt wird als Flugstaub abgetrennt.

In einem nochmaligen doppelten Destillationsprozeß werden die letzten geringen Blei- und Cadmiumbeimengungen vom Zink abgetrennt. Der Zinkstaub kann zu Beginn des Prozesses bis zu 13 % Cadmium enthalten. (RÖMPP).

Die Zinkreduktion aus Zinkoxiden geschieht durch Mischen mit Kohle bei 1.300°C . Cadmium ist leichter flüchtig als Zink und destilliert über. Beim gesamten Verhüttungsprozeß wird somit Metall verdampft, verstäubt und gelangt in unterschiedlichen Konzentrationen in Abhängigkeit von den Gegenmaßnahmen in die Atmosphäre.

Als Primär- und Sekundäremitteln von Schwermetallen gelten in Oker zusätzlich zu den Erzgruben hauptsächlich

- | | | |
|--|---|-------------------------|
| <ul style="list-style-type: none">- die Bleihütte- die Zinkoxidhütte- die Zinkhütte Harlingerode | } | zur Preussag
gehörig |
|--|---|-------------------------|

- das Bleiwerk am Sudmerberg
- die Glashütten Dr. Genthe und Weule (optische Apparate)
- die Natronag, Papierherstellung (Zellulose kann Cadmium und Blei enthalten)
- die Firma H. C. Starck (Stahlhärtung)

Weitere Emissions-Quellen der toxischen Metalle:

- die Sedimente der harzentwässernden Flüsse und Bäche
- die Abraumhalden früherer Verhüttungen
- die Halden mit Schrott zur Wiederverarbeitung
- das Okerwasser
- das Trinkwasser

Die Schwermetallemissionen liegen dicht am Ortskern Okers, beziehungsweise zwischen Oker und Harlingerode. Die Schwermetallniederschläge in den Ortschaften sind beeinflusst durch Windrichtung und -stärke. Da in dieser Region vornehmlich Nordwestwind herrscht, wird Harlingerode, im Osten der Hütten und Halden gelegen, seit Beginn der Hüttentätigkeit in Oker stärker mit Schwermetallpartikeln aus der Atmosphäre belastet.

Bei Ostwindlage sind die Abraumhalden für Unteroker eine dominierende Emissionsquelle.

Höchste Metallgehalte finden sich in Obst und Gemüse in Gebieten, die der Hauptwindrichtung abgewandt sind.

Ablagerungen von Cadmium sind verstärkt in den Hauptwindrichtungen nachzuweisen (NIEDERSÄCHSISCHES SOZIAL-MINISTERIUM: Reinhaltung der Luft, Heft 5).

Die B o d e n b e l a s t u n g über Jahrhunderte wird ständig durch neue Emissionen ergänzt. Vom Bundesgesundheitsamt untersuchte Proben des Abraumhaldenmaterials weisen hohe Gehalte an in 0,1 %iger NHCL löslichem Blei auf - Material, das in Oker zu Auffüllzwecken bei Planierungsarbeiten verwandt wird (AURAND/HOFFMEISTER).

Der F l u ß O k e r trägt auf dreifache Art zur Kontaminierung der Uferzonen mit Schwermetallen bei:

- der Fluß bringt mit seinen Sedimenten aus dem Harz die Metalle in das Flachland und lagert sie dort ab.
- die Abraumhalden werden durch Niederschläge ausgelaugt, das Wasser der Oker zugeführt.
- die Industrieabwässer werden eingeleitet.

Oker-Sedimententnahme (AURAND, HOFFMEISTER):

	Bleigehalt	Cadmiumgehalt
1. Höhe Uferstr.	37	4,7
2. Höhe Brücke, Kielschestr.	$1,2 \times 10^3$	112,0

(Angaben in μg pro g Sediment)

Anmerkung: Zwischen 1. und 2. wird das Industrieabwasser eingeleitet!

Die Untersuchung des T r i n k w a s s e r s des Versorgungsunternehmens (Trinkwasserstation 211) ergab nach einem Bericht des Staatlich Chemischen Untersuchungsamtes Braunschweig vom 05.11.1980 folgende Werte:

Cd - 3,9 $\mu\text{g}/\text{l}$ Pb - 28,2 $\mu\text{g}/\text{l}$ Wasser

Der Grenzwert nach der Trinkwasserverordnung beträgt für Cadmium 6,0 $\mu\text{g}/\text{l}$ Wasser und für Blei 40,0 $\mu\text{g}/\text{l}$ Wasser.

Nach AURAND und HOFFMEISTER wurden in Oker 1980 mit einer Ausnahme Bleiwerte unter 10 $\mu\text{g}/\text{l}$ Wasser ermittelt.

Die Hausinstallationen weisen dort überwiegend Bleirohre auf.

Da sich die Innenwandungen der Bleirohre im Laufe der Zeit mit einer undurchlässigen Schicht überziehen, wird normalerweise davon ausgegangen, daß Bleiwasserrohre keinen Einfluß auf den Bleigehalt des Trinkwassers haben.

(HOSCHECK berichtet allerdings 1980 von zwei Fällen von Bleivergiftung durch Trinkwasser aus Bleirohren, bei Wasser mit einem pH-Wert von 6,1.)

Die Wohngebiete am Flußufer der Oker in unmittelbarer Nachbarschaft der Hüttenwerke und der Abraumhalde sind am schwersten belastet: Unteroker mit der Kielschen Straße, der Flußstraße, Am Okerufer. Nach AURAND, HOFFMEISTER sind sowohl die Abraumhalden als auch die für Kinder ohne Schwierigkeiten zugänglichen Lager von Akkumulatorenschrott als zusätzliche Kontaminationsquellen anzusehen.

Die nahe Oker und ihre Uferstreifen sind ebenfalls natürliches Spielgelände, so daß für Kinder eine zusätzliche Belastung erwartet werden muß.

Auf dieses hüttennahe Gebiet konzentrierte sich die vom Bundesgesundheitsamt im Frühjahr 1980 angelaufene

"Ad-hoc-Felduntersuchung über die Schwermetallbelastung der Bevölkerung im Raum Oker" (AURAND, HOFFMEISTER):

Die Ergebnisse der Blut-Bleiuntersuchungen an 1.264 Personen waren folgende:

- 11 Kinder hatten einen höheren Blut-Bleiwert als 30 µg Pb/ 100 ml Blut
- 12 beruflich nicht bleiexponierte Personen hatten einen höheren Wert als 35 µg Pb/ 100 ml Blut

- 18 beruflich bleiexponierte Personen hatten einen höheren Wert als 50 $\mu\text{g Pb}/100\text{ ml Blut}$.

Bei Folgeuntersuchungen an Kindern im hüttennahen Bereich hatten 22 % einen höheren Blutbleiwert als 35 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ (nach dem Spielen im Freien).

Über die Blut-Cadmium-Werte in den oben genannten Untersuchungen wird folgendes gesagt:

"Der B l u t - C a d m i u m - G e h a l t reflektiert analog dem Blut-Bleispiegel die a k t u e l l e Cadmiumexposition. Grenz- oder Referenzwerte werden z. Z. in der Bundesrepublik nicht angegeben.

Bei nicht beruflich cadmiumexponierten Personengruppen beträgt der Cadmiumspiegel im Mittel 1 $\mu\text{g Cd}/\text{l Blut}$. 211 Blutproben wurden auf Cadmium analysiert, darunter 48 von Kindern.

Die Kinder besitzen den niedrigsten mittleren Blut-Cadmiumspiegel - ganz im Gegensatz zum Blut-Bleispiegel. Ihr Blut-Cadmiumspiegel liegt in der gleichen Größenordnung wie der bei anderen Bevölkerungsuntersuchungen ermittelten Werte.

Diese Werte beziehen sich auf die a k t u e l l e Schwermetallbelastung.

Raucher weisen im Mittel wesentlich höhere Blut-Cadmiumgehalte auf."

Anhand von H a a r u n t e r s u c h u n g e n an 308 Personen macht die "Felduntersuchung" eine Aussage über die l a n g f r i s t i g e , k u m u l a t i v e Schwermetallbelastung der Bevölkerung:

"Während der Bleigehalt in Haaren von Kindern aus Helgoland und Berlin im Mittel 20 µg Pb/g Haar liegt, ist in Goslar (Oker) ein Anstieg auf das Zweieinhalbfache zu beobachten (50 µg Pb/g Haar). Beim Cadmiumgehalt ist zwischen den Kollektiven kein signifikanter Unterschied festzustellen."

Maßnahmen der Industrie zur Emissionsverringering

In welchem Umfang die metallverarbeitenden Betriebe bestrebt sind, die Umweltbelastung so gering wie möglich zu halten, wird im Geschäftsbericht der Preussag beschrieben:

"Für den Schutz der Umwelt haben wir wie in den Vorjahren erhebliche Mittel aufgewendet, wobei der Schwerpunkt wiederum bei unseren Metallaktivitäten lag. Etwa 45 % der Investitionen in unseren NE-Metallhütten und betriebliche Aufwendungen in erheblicher Höhe dienten dem Umweltschutz.

Zur Verringerung der Schwermetallemissionen unseres Hüttenwerkes Harz haben wir gleichwohl gemeinsam mit der Landesregierung Niedersachsen ein Konzept entwickelt, die Sekundärhütte lokal zu konzentrieren und auch die Primär-Zinkhütten auf die Sekundärerzeugung, also auf Zinkrecycling, umzustellen."

Das ist zum 31.12.1981 geschehen.

Mit dieser Umstellung fällt Cadmium aus den Sekundärvorstoffen nicht mehr an. Damit wird Cadmium nur noch in der weiterverarbeitenden Industrie in Oker angewandt.

Im einzelnen erfolgt der Schutz der Umwelt und besonders der Schutz der Mitarbeiter in den Betrieben durch

- Absaugen und Filtern der kontaminierten Luft direkt an der Emissionsquelle und
- durch individuelle Schutzmaßnahmen (Tragen von Masken).

Seit ca. zehn Jahren wird die maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK) an Schadstoffen in Oker von der Emmissionsbehörde des Gewerbeaufsichtsamtes der Stadt Braunschweig und von der im jeweiligen Betrieb zuständigen Berufsgenossenschaft überwacht.

Nach Ansicht des Bundesgesundheitsamtes haben zur Verminderung des bleihaltigen Oberflächenstaubes folgende Maßnahmen im Vordergrund zu stehen:

- die weitestgehende Reduzierung der schwermetallhaltigen Emissionen, um Rückführung durch Niederschläge zu verhindern
- das Überdecken der unbefestigten Freiflächen der Abraumhalden mit bleifreiem Material
- das Feuchthalten der Halden bei trockener Witterung
- die Bepflanzung der Halden
- zum Schutz der Kinder: das Anlegen von regelmäßig überwachten Kinderspielplätzen
(Reinhaltung der Luft, Heft 6).

Bei der Beurteilung der Ergebnisse aus diesen Untersuchungen ist zu berücksichtigen, daß die allgemeine zivilisatorische Belastung bei den zitierten Testpersonen natürlich auch vorliegt, nämlich

- die Bleiaufnahme durch das Einatmen von Automobilgasen
- die Bleiaufnahme durch den Genuß von sauren Speisen aus keramischen Gefäßen mit Glasur (SANSONI und Mitarbeiter 1973)
- die Cadmiumaufnahme mit der Nahrung
- die Cadmiumaufnahme durch das Rauchen von Tabakwaren (LEWIS et al. 1971, SHAPER, A. G. et al. 1982).

Die Ergebnisse der zuvor zitierten Arbeiten sollen in der folgenden Untersuchung über Schwermetallgehalte in Zahnstein und Zähnen erweitert werden.

4.2. Kollektivbeschreibung

Die Kollektive unserer Untersuchungen setzten sich aus

- I. Gruppen von sechs- und siebenjährigen Kindern zur Milchzahnanalyse und
- II. aus Gruppen von Erwachsenen zur Zahnsteinuntersuchung zusammen.

Das Kriterium für die weitere Unterteilung in II. war die Feststellung AURAND'S, daß mit Entfernung zum Emittenten die Schwermetallbelastung kontinuierlich abnimmt.

- I. 1. 26 Kinder aus Unteroker und Harlingerode
- 2. 15 Kinder aus Hankensbüttel, Kreis Gifhorn als Kontrollgruppe

Dieser Luftkurort am Südrand der Lüneburger Heide scheint keiner industriellen Schwermetallbelastung ausgesetzt zu sein, da er weit entfernt von Ballungsgebieten liegt.

(Auf das Kollektiv von Kindern aus Oberoker mußte verzichtet werden, da die Eltern nicht gewillt waren, Zähne ihrer Kinder auf Blei und Cadmium untersuchen zu lassen.)

- II. 1. 15 Industriearbeiter in Oker
 - 2. Bewohner Unterokers
 - 3. Bewohner Oberokers
- } n = 32

4. 18 Bewohner hüttenentfernter Stadtteile Goslars
5. 41 Personen der industriell unbelasteten Bevölkerung vom Stadtrand Wolfsburgs als Kontrollgruppe, unterteilt nach Rauchern und Nichtrauchern.

4.3. Probennahme

zu I: Im Sommer 1981 veranlaßte das Gesundheitsamt Goslar Kinder der ersten Klassen aus Unteroker und Harlingerode, ihre kürzlich ausgefallenen Milchschnidezähne, einzeln verpackt und mit Namen, Adresse und Geburtsdatum versehen, in der Schule abzugeben.

Ebenso verlief im Frühjahr 1982 die "Sammelaktion" in Oberoker, Jürgenohl, einem entfernten Stadtteil Goslars, und in Hankensbüttel, dort veranlaßt durch das Gesundheitsamt Gifhorn. Die Zähne wurden nach Erhalt sofort in nummerierten blei- und cadmiumfreien und luftdicht verschlossenen Kunststoffröhrchen bis zur Untersuchung aufbewahrt.

zu II: Der Zahnstein ist in 5 zahnärztlichen Praxen, davon 3 in Oker, gewonnen worden. Die Proben wurden nach Entnahme vom Patienten mit blei- und cadmiumfreiem, destilliertem Wasser auf einem gefalteten Filterpapier gespült und getrocknet.

zu II: (Gewichtsverfälschungen durch angetrockneten Speichel müssen vermieden werden.) Diese so behandelten Proben verblieben bis zur Analyse in den gleichen Röhrchen wie die Milchzähne zu I.¹⁾

4.4. Blei- und Cadmiumbestimmung mit der Atomabsorptionsspektralanalyse

Da sehr kleine Absolutmengen an Blei und Cadmium in den nur wenige Milligramm wiegenden Zahnsteinproben zu erwarten waren, wurde die Atomabsorptions-Spektralanalyse in ihrer flammenlosen Ausführung im Graphitrohr ausgewählt. "Diese Methode vereinigt hohe Selektivität und Empfindlichkeit mit einfacher und rascher Arbeitsweise auch für große Versuchsreihen sowie mit niedrigen Betriebskosten.

-
- 1) Bei der Beschaffung des Untersuchungsmaterials waren 4 Zahnärzte aus Goslar und die Gesundheitsämter Goslar und Gifhorn behilflich.

Die Blei- und Cadmiumbestimmungen wurden von der Arbeitsgruppe Analytik und Ökologie von Radionukliden unter der Leitung von Herrn Dr. K. BUNZL, im Institut für Strahlenschutz der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung, München, durchgeführt.

Die Überwachung der Analysen oblag Herrn W. KRACKE. Maßgebliche Unterstützung bei der Durchführung der Analysen fanden wir bei Frau R. HALSNER und Herrn R. GOSSMANN.

Allen sei an dieser Stelle für ihre Hilfe gedankt.

Sie beruht darauf, daß für Blei die von einer Bleihohlkathodenlampe ausgehende Resonanzlinie des Bleis von 283,3 nm in der verdampften und in Atome aufgespaltenen Analysenprobe teilweise absorbiert und ihre Schwächung in einem nachgeschaltetem Spektralphotometer gemessen wird. Die Absorption ist proportional der Konzentration freier Bleiatome."

"Die flammenlose Methode von L'VOV nach MASSMANN verdampft und atomisiert dabei die Probenlösung stationär in einem elektrisch auf bis zu 2.700° C geheizten Graphitrohr unter Inertgas."

(SANSONI et al. in Environmental health aspects of lead.)

Die von SANSONI, KRACKE, DIETL und FISCHER (1972) entwickelte Methode der "Mikrobestimmung von Blei in verschiedenartigen Umweltproben durch flammenlose Atomabsorption nach externer Naßveraschung mit $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{2+}$ " war die Grundlage für die spezielle Blei- und Cadmiumbestimmung.

4.4.1. Vorbereitung der Proben

Im Exsiccator wurden die Proben des Zahnhartgewebes und Zahnsteins bei 55° C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet.

Auf einer Präzisionswaage (Firma Sartorius, Genauigkeit: 0,00001 Gramm) wurden die Proben gewogen.

4.4.2. Chemische Analysenschritte

Um ein Einschleppen von Blei- oder Cadmiumspuren zu vermeiden, wurden folgende Chemikalien nur "pro analysi, oder suprapur" verwendet

Salpetersäure	65 %
Wasserstoffperoxyd	30 %
Ammoniaklösung	25 %
Flußsäure	2 %

(Firma Merck)

Radioaktives Blei 212

(abgetrennt aus Radium - 224 der Firma Amersham
Buchler)

4.4.2.1. Aufbereitung der Proben

Zur Naßveraschung wurden die Proben von Zahnstein und Zahnhartgeweben im Quarzreagenzglas mit konzentrierter Salpetersäure versetzt und in einem Aluminiumblock auf einer Heizplatte bei 90° C aufgelöst.

Die Quarzreagenzgläser wurden vorher sorgfältig mit Fluß- und Salzsäure gereinigt.

Zu dieser zunächst trüben Lösung wurde tropfenweise Wasserstoffperoxid (30 %) zugesetzt bis eine wasserklare Lösung vorlag. (= Naßveraschung mit OH-Radikalen aus $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{2+}$ nach SANSONI und KRACKE 1968.)

Im Anschluß daran wurde die Lösung bis zum Trocknen eingengt und mit 0,4 normaler Salpetersäure auf etwa 2 Milligramm Probeneinwaage pro Milliliter Lösung eingestellt. Durch Überprüfung der Veraschungsmethode mit einer bekannten Menge radioaktiven Bleis - 212 konnten eventuelle Bleiverluste bei der Veraschung erfaßt und damit korrigiert werden.

4.4.3. Bestimmung von Blei und Cadmium im Atomabsorptionsspektralphotometer

4.4.3.1. Prinzip am Beispiel Blei

Die häufigste Methode für Spurenanalysen ist die Atomabsorptionsspektralphotometrie. Hierbei wird die bleihaltige Analysenprobe zunächst verdampft und mit einem beheizten Graphitrohr eine Wolke von Bleiatomen erzeugt. Schickt man durch diese Wolke mittels einer Hohlkathodenlampe Licht mit einer Resonanzlinie des Bleis von 283,3 nm, so wird dieses durch Absorption geschwächt. Durch Messung des geschwächten Lichts und Vergleich mit der Lichtschwächung von Eichlösungen bekannter Bleimengen, kann man den Bleigehalt der Analysenprobe bestimmen.

4.4.3.2. Eichung

Da die Anwesenheit anderer Elemente neben Blei und Cadmium Störungen des Meßsignals ausüben kann, soll die Eichlösung eine ähnliche chemische Zusammensetzung wie die Arbeitslösung haben. Folgedessen wurde einer Zahnsteinmodelllösung von 77,4 % Asche, 34,2 % Ca, 18,9 % P, 0,9 % Mg, 0,046 % F definierte Mengen von 5 - 50 Milligramm Pb pro Liter zugesetzt und daraus eine Eichkurve erarbeitet.

Die Konzentration an Zahnstein, von der an störende Rauchpeaks auftraten und damit eine höhere Bleimenge vortäuschten, mußte ermittelt werden. Es wurde die Höhe der unspezifischen Absorption bei der Wellenlänge von 283,3 Nanometer in Abhängigkeit von der Konzentration des gelösten Zahnsteins gemessen.

Es ergab sich, daß bis zu einer Konzentration von 2,3 mg Zahnstein pro Milliliter Lösung keine störenden Rauchpeaks entstanden. Daraus resultierten Arbeitslösungen, deren Konzentration an Zahnstein und Zahnhartgewebe unter diesem Grenzwert lag.

4.4.3.3. Messung

Verwendet wurde das Atomabsorptions-Spektralphotometer G 290 mit der Graphitrohrküvette HGA 70 der Firma PERKIN-ELMER.

Von der durch die Veraschung gewonnenen Lösung des Zahnsteins oder Zahnhartgewebes wurden 20 Mikroliter mit der Eppendorf-Pipette in das kalte Graphitrohr eingespritzt. Dort wurde die Probe zunächst 20 Sekunden bei 100° C getrocknet und nach einer zweiten Trocknungsstufe (750° C, 30 sec.) bei 2.300° C 20 Sekunden lang atomisiert. Die dabei beobachtete Extinktion der Bleilinie wurde auf einem Schreiber registriert. Die Reproduzierbarkeit bei viermaliger Wiederholung dieses Vorgangs betrug für Bleikonzentrationen im Bereich von 5 - 20 µg/l etwa $\pm$ 15 % und bei 10 - 100 µg Blei pro Liter etwa $\pm$ 5 Prozent. Für Cadmiumkonzentrationen von 0,1 bis 1 µg pro Liter etwa 15 Prozent.

5. ERGEBNISSE

Das jeweilige Meßergebnis für die Zahn- und Zahnsteinproben entstand aus dem arithmetischen Mittelwert der vier Messungen.

Zusätzlich wurde der Variationskoeffizient der Vierfachmessung berechnet, welcher uns die Standardabweichung in Prozent vom Mittelwert angibt.

Die Elimination der Ausreißer in den Meßwerten einer Probenreihe erfolgte mit Hilfe des Ausreißertests nach NALIMOV.

Die Tabellen 1, 2 und 3 zeigen die deskriptive Statistik der einzelnen Kollektive, aufgeführt sind:

1. Median
2. 95 % Vertrauensbereich des Median
3. Mittelwert
4. Standardabweichung
5. Bereich
6. Anzahl
7. Ausreißer eliminiert
8. Verteilung.

Bei dem Kollektiv aus Unteroker/Harlingerode fallen zwei hohe Cadmiumwerte der Milchzähne auf. Da sie um ein Vielfaches höher liegen als die anderen Werte, kann bei diesen Kindern eine besonders hohe Cadmiumbelastung bestehen oder ein Fehler bei der analysierten Bestimmung vorliegen. Diese Werte wurden bei der Auswertung der Daten nicht mehr berücksichtigt.

Wie der U-Test von MANN WHITNEY verdeutlichte, unterschieden sich die Daten der Gebiete Unteroker und Harlingerode nicht signifikant bei den Milchzähnen und konnten daher zusammengelegt werden.

Gleiches gilt für den Zahnstein aus Unteroker und Oberoker.

Bei dem Wolfsburger Kollektiv zur Zahnsteinuntersuchung auf Cadmium war kein signifikanter Unterschied zwischen Rauchern und Nichtrauchern festzustellen.

Deskriptive Statistik der Kollektive zur Zahnsteinuntersuchung auf Bleigehalte

Bleigehalte in Zahnstein in mg/kg.

Herkunft	Median	95 % Vertrauensbereich des Median	Mittelwert	Standardabweichung	Bereich	Anzahl	Ausreißer eliminiert (Gehalt)	Verteilung
Industriearbeiter Oker	7,8	2,6 - 15,2	11,4	11,0	1,4 - 43,2	15	0	/
Oberoker + Unteroker	2,25	1,6 - 5,0	3,83	3,02	0,03 - 12,1	32	0	/
Goslar	1,4	0,65 - 2,9	2,29	2,51	0,09 - 10	18		-
Wolfsburg	< 1,5	< 1,4 - 1,6	< 2,20	> 1,98	1,4 - 12	41		/

Tabelle 1

Deskriptive Statistik der Kollektive zur Zahnsteinuntersuchung auf Cadmiumgehalte

Cadmiumgehalt in Zahnstein in mg/kg.

Herkunft	Median	95 % Vertrauensbereich des Median	Mittelwert	Standardabweichung	Bereich	Anzahl	Ausreißer eliminiert (Gehalt)	Verteilung
Industrie- arbeiter Oker	0,34	0,14 - 1,98	0,958	1,21	0,1 - 3,9	15	0	/
Oberoker + Unterober	0,215	0,14 - 0,28	0,265	0,177	0,08 - 0,70	32	0	/
Goslar	0,19	0,17 - 0,28	0,29	0,34	0,02 - 1,54	18	0	/
Wolfsburg	0,18	0,17 - 0,23	0,26	0,17	0,15 - 0,98	37	0	/

Tabelle 2

Bleigehalt in Milchzähnen in mg/kg.

Herkunft	Median	95 % Vertrauensbereich des Median	Mittelwert	Standardabweichung	Bereich	Anzahl	Ausreißer eliminiert (Gehalt)	Verteilung
Unteroaker/ Harlingerode	7,0	4,8 - 8,3	7,67	4,28	2,0 - 21,9	26	0	/
Hankensbüttele	3,37	2,32 - 3,9	3,20	1,11	1,2 - 5,5	15	0	/

Cadmiumgehalt in Milchzähnen in mg/kg.

Unteroaker/ Harlingerode	0,39	0,33 - 0,47	0,404	0,137	0,10 - 0,68	26	2 (4,29; 3,0)	/
Hankensbüttele	0,29	0,10 - 0,32	0,241	0,166	0,005 - 0,64	15		/

Tabelle 3

Die Abbildungen 1 - 10 zeigen die Häufigkeitsverteilung des Cadmium- und Bleigehalts im Zahnstein und in den Milchzähnen als Histogramme.

Die Überprüfungen der Histogramme nach dem Chi-Quadrat-Test ergaben, daß die Verteilung der Einzelwerte weder einer GAUSS'schen Normalverteilung noch einer logarithmischen Normalverteilung entsprachen.

Es ist somit zweckmäßiger, nicht den arithmetischen Mittelwert eines Kollektivs als Durchschnittswert eines mittleren Schwermetallgehalts im Zahnstein und Zahnhartgewebe zu berechnen, da schiefsymmetrische Verteilungen durch den Median zutreffender charakterisiert werden.

Um Vergleiche mit den Ergebnissen anderer Autoren zu ermöglichen, bei denen nur der Mittelwert und nicht auch der Median berechnet wurde, sind in Tabelle 1 - 3 beide Werte angegeben.

Median und 95 % Vertrauensbereich können unabhängig von der Symmetrie der Häufigkeitsverteilung berechnet werden. Der Median entspricht dem arithmetischen Mittelwert; wenn die Verteilung einer GAUSS'schen Normalverteilung entspricht.

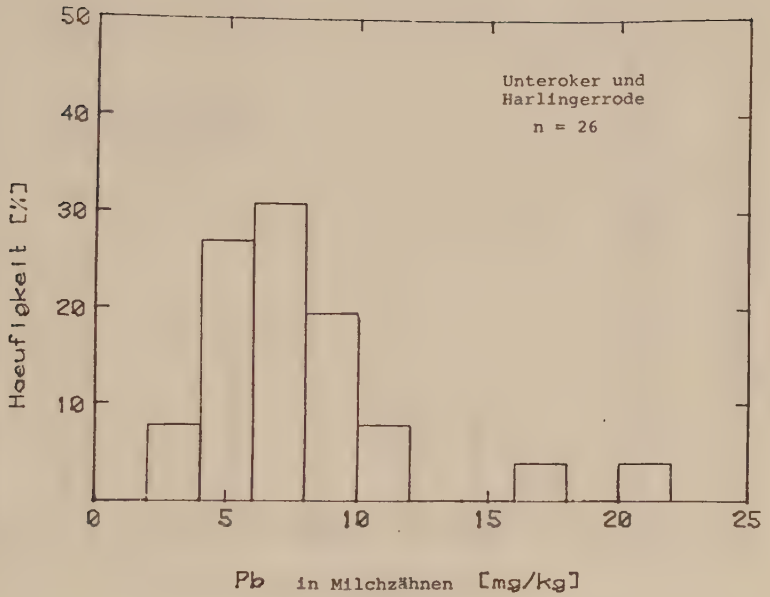


Abb. 1 Häufigkeitsverteilung des Bleigehalts in Milchzähnen bei Kindern aus Unteroker und Harlingerode

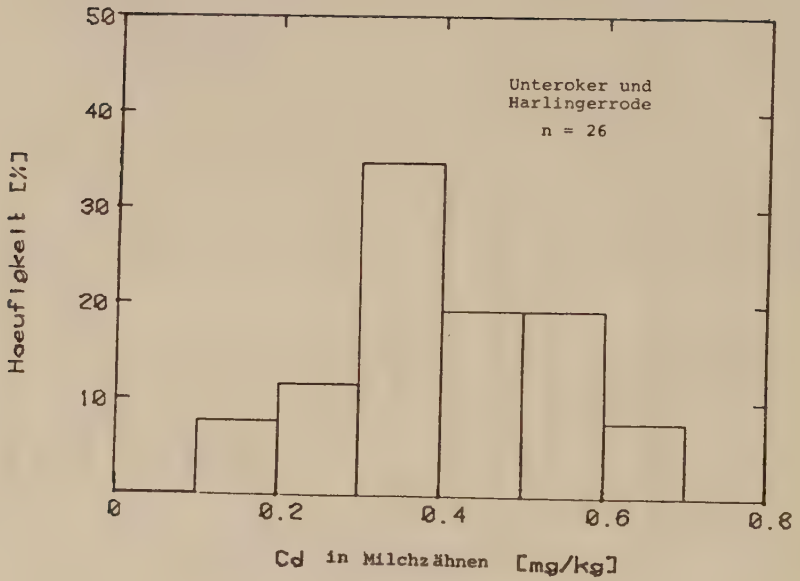


Abb. 2 Häufigkeitsverteilung des Cadmiumgehalts in Milchzähnen von Kindern aus Unteroker und Harlingerode

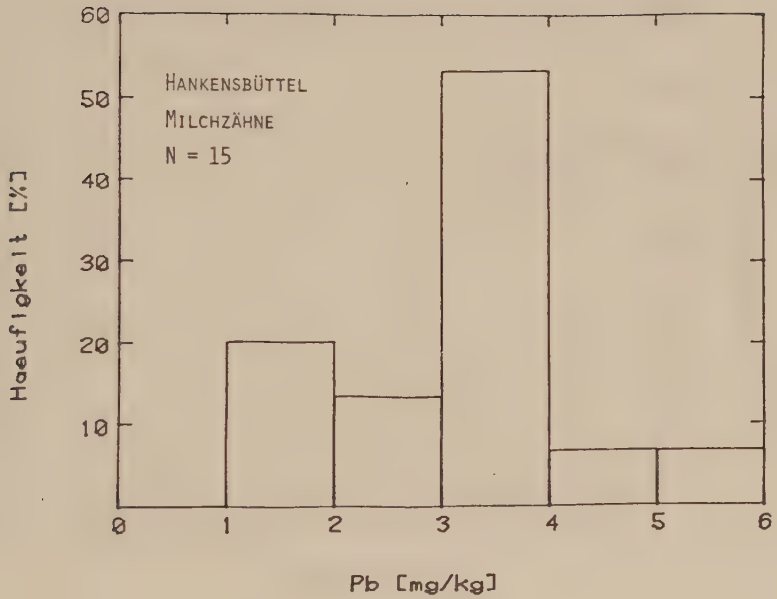


Abb. 3 Häufigkeitsverteilung des Bleigehalts in
Milchzähnen von Kindern aus Hankensbüttel

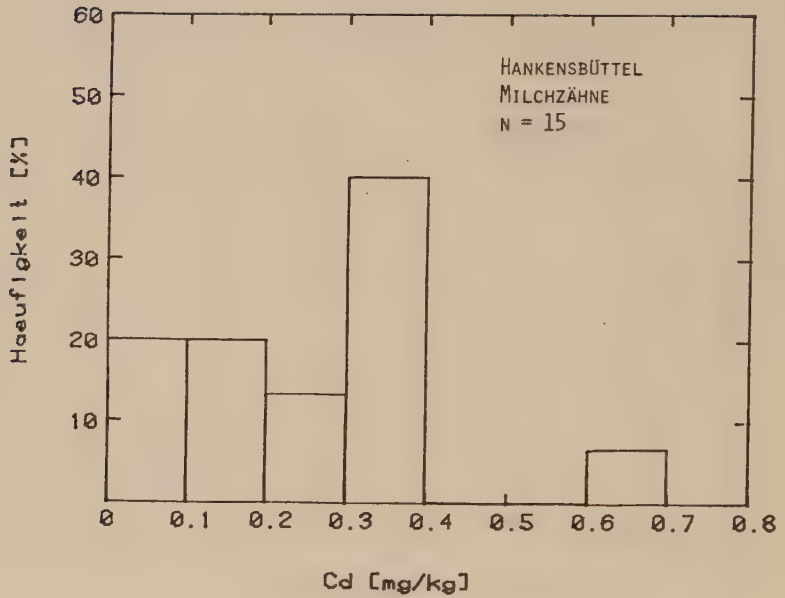


Abb. 4 Häufigkeitsverteilung des Cadmiumgehalts in Milchzähnen von Kindern aus Hankensbüttel

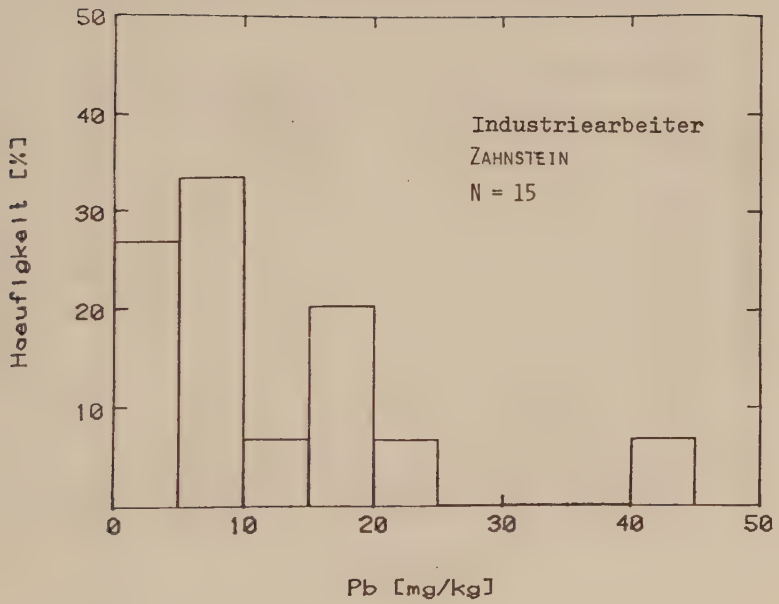


Abb. 5 Häufigkeitsverteilung des Bleigehalts im Zahnstein von Industriearbeitern

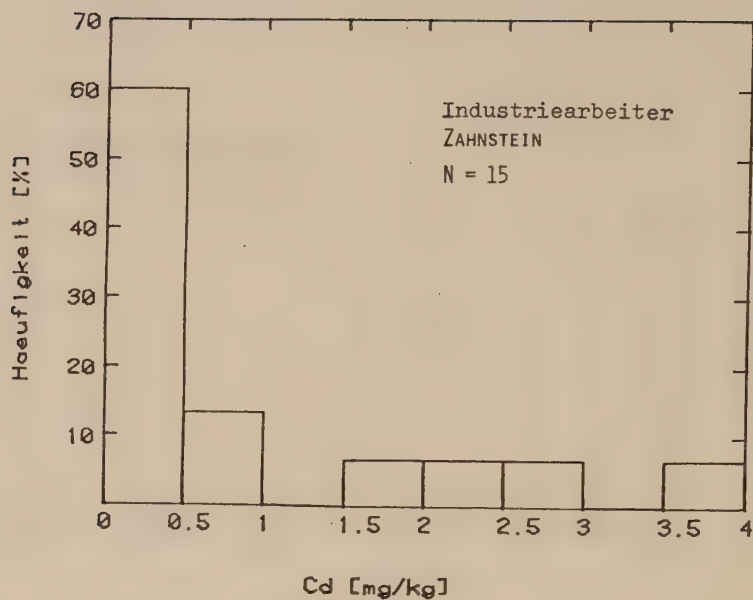


Abb. 6 Häufigkeitsverteilung des Cadmiumgehalts
im Zahnstein von Industriearbeitern

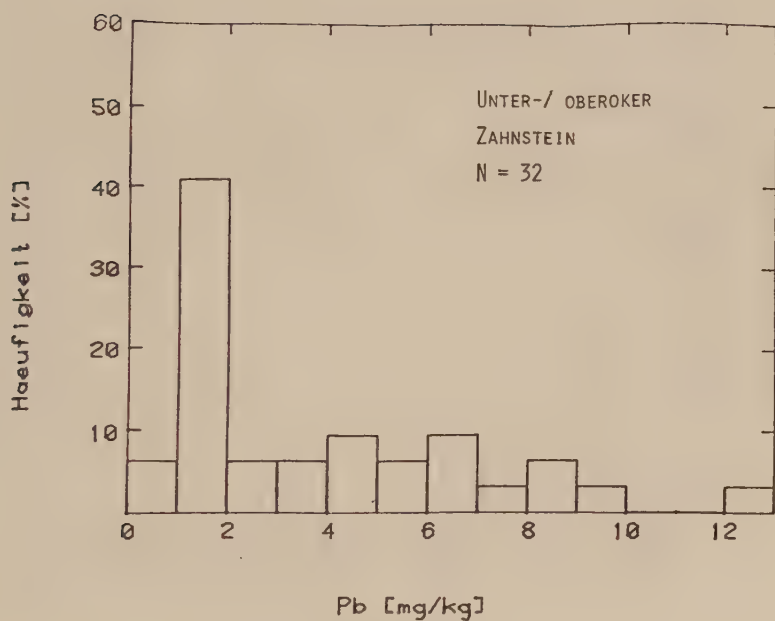


Abb. 7 Häufigkeitsverteilung des Bleigehalts im Zahnstein von Erwachsenen aus Unter- und Oberoker

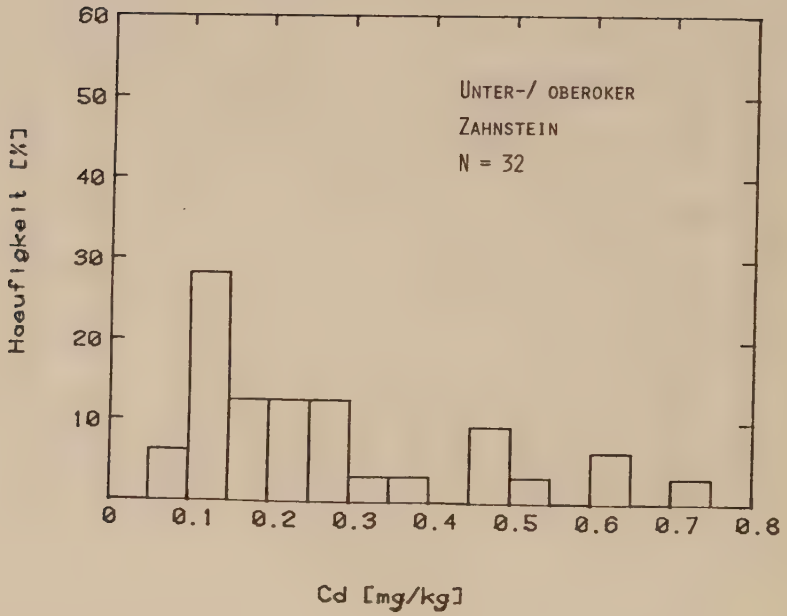


Abb. 8 Häufigkeitsverteilung des Cadmiumgehalts im Zahnstein von Erwachsenen aus Unter- und Oberoker

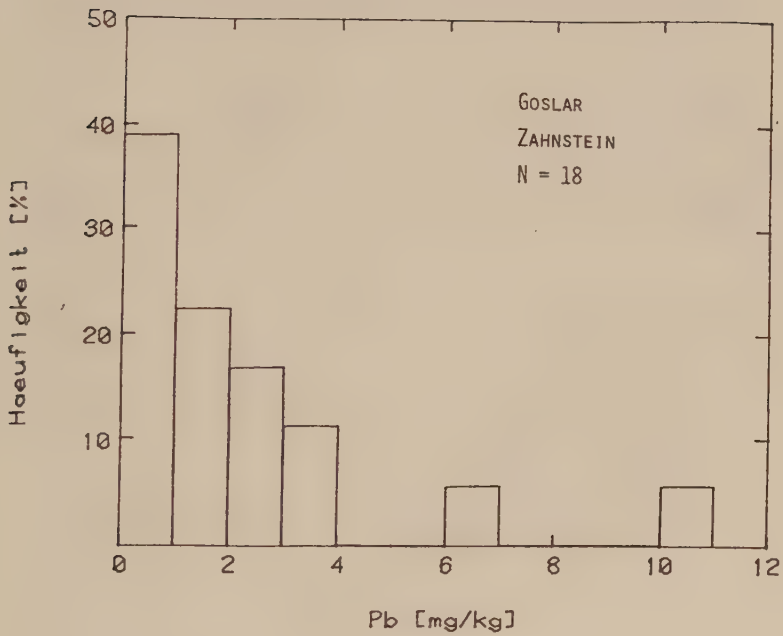


Abb. 9 Häufigkeitsverteilung des Bleigehalts im Zahnstein von Erwachsenen aus Goslar

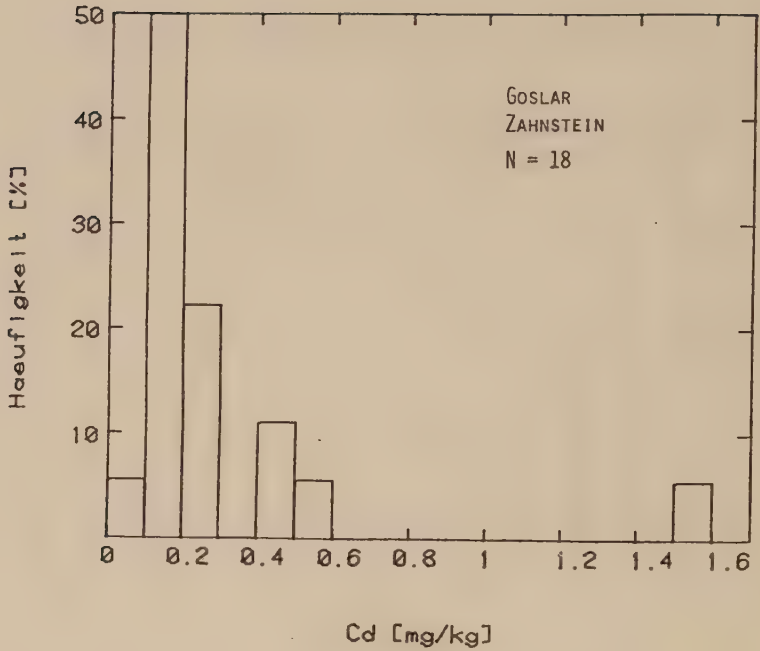


Abb. 10 Häufigkeitsverteilung des Cadmiumgehalts
im Zahnstein von Erwachsenen aus Goslar

5.1. Vergleichende Darstellung der Ergebnisse

Die Vergleiche der Medianwerte und ihrer 95 % Vertrauensbereiche, sowie der MANN-WHITNEY-Test, mit dessen Hilfe sich die Unterschiede zwischen den Medianen verschiedener Kollektive quantifizieren lassen, ergab:

Der Bleigehalt der Milchzähne von 26 Kindern aus Unteroker/Harlingerode liegt mit einem Median von 7,0 mg Blei/kg Zahn signifikant über dem Median der Milchzähne von 15 Kindern aus Hankensbüttel mit 3,37 mg Blei/kg Zahn.

Für den Bleigehalt im Zahnstein ergeben sich Mediane, die bei 15 Industriearbeitern in Oker hochsignifikant mit 7,8 mg Blei/kg Zahnstein über den 32 Proben aus Unteroker/Oberoker liegen, und diese mit 2,25 mg Blei/kg Zahnstein signifikant höher als die fast gleichen Werte von 18 Proben aus Goslar mit 1,4 mg Blei/kg Zahnstein und 41 Proben aus Wolfsburg mit 1,5 mg Blei/kg Zahnstein sind.

Der Cadmiumgehalt der Milchzähne von 26 Kindern aus Unteroker/Harlingerode rangiert mit einem Median von 0,39 mg Cadmium/kg Zahn signifikant über dem Wert 15 Milchzähne aus Hankensbüttel mit 0,29 mg Cadmium/kg Zahn.

Der Cadmiumgehalt im Zahnstein liegt bei 15 Industriearbeitern mit einem Median von 0,34 mg Cadmium/kg Zahnstein signifikant über den gleichen Werten von 32 Personen aus Unteroker/Oberoker, 18 Personen aus Goslar und 37 Personen aus Wolfsburg mit: 0,215, 0,19 und 0,18 mg Cadmium/kg Zahnstein. Auffallend ist der große

95 % Vertrauensbereich der Blei- und Cadmiumwerte im Zahnstein der Industriearbeiter. Dies ist jedoch nicht überraschend, da dieser Personenkreis von mehreren verschiedenen Betrieben (Blei- und Zinkhütten, Bleiwerk, Glasindustrie, Papierfabrik) mit unterschiedlicher Schwermetallbelastung stammt.

Die Abbildungen 11 und 12 veranschaulichen diesen Vergleich.

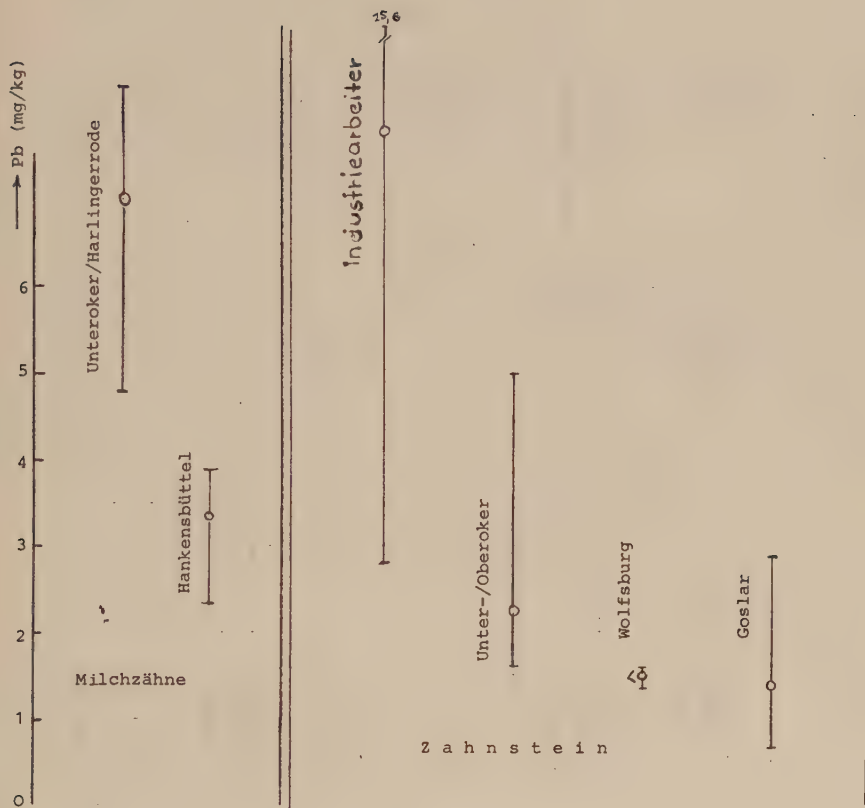


Abb. 11 Bleigehalte (Mediane und 95 % Vertrauensbereich) in Milchzähnen und Zahnstein der untersuchten Kollektive

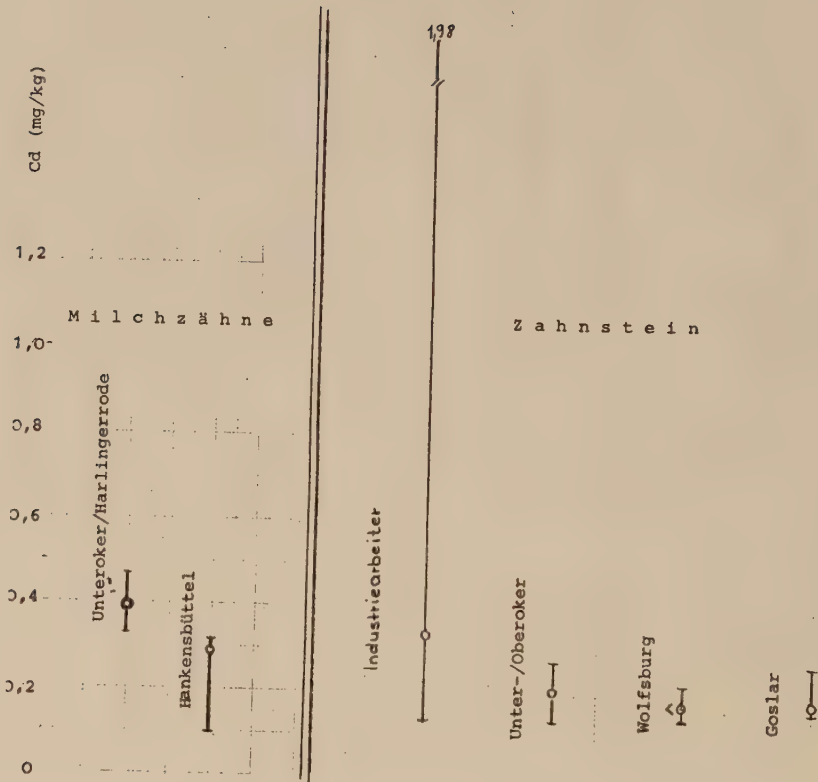


Abb. 12 Cadmiumgehalte (Mediane und 95 % Vertrauensbereich) in Milchzähnen und Zahnstein der untersuchten Kollektive

5.2. Korrelation Blei - Cadmium

Da, wie erwähnt, die Häufigkeitsverteilungen der Werte keiner Normalverteilung folgen, wurde der SPEARMAN'sche Korrelationskoeffizient verwendet. Dieser ist von der Art der Häufigkeitsverteilung unabhängig.

Daraus ergab sich folgendes:

Es besteht eine positive Korrelation zwischen dem Bleigehalt und dem Cadmiumgehalt bei dem Zahnstein Unteroker/Oberoker, dem Zahnstein der Industriearbeiter und den Milchzähnen aus Unteroker/Harlingerode.

Diese Korrelation ist in dem Zahnstein aus Goslar nicht nachweisbar. Nicht nachweisbar ist sie ebenfalls im Zahnstein aus Wolfsburg und den Milchzähnen aus Hankensbüttel, also unseren nichtbelasteten Kontrollgebieten.

Die Abbildungen 13 bis 17 veranschaulichen diese Korrelation.

Falls auch nach der linearen Korrelationsrechnung (PEARSON'scher Korrelationskoeffizient) sich eine signifikante Korrelation ergab, wurde in den entsprechenden Abbildungen die Regressionsgerade mit-eingezeichnet.

Die Tabelle 4 bringt eine Zusammenstellung dazu.

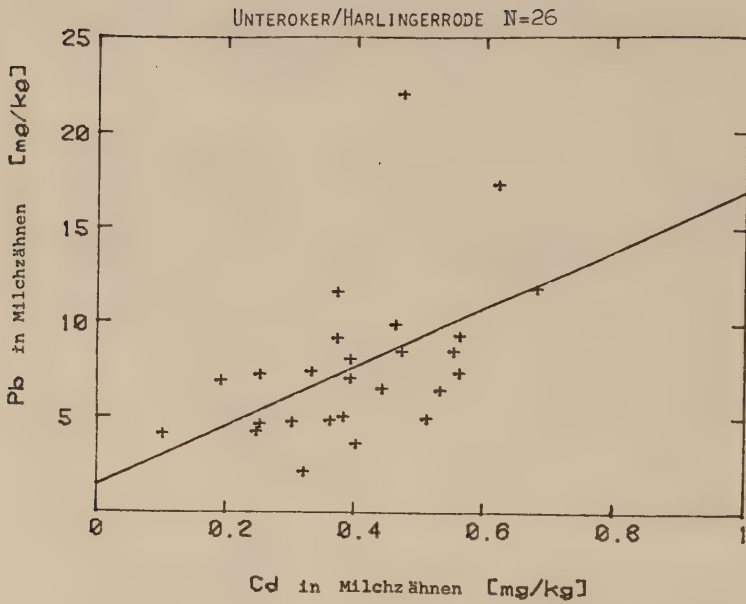


Abb. 13 Korrelationsdiagramm zwischen Blei und Cadmium in den Zähnen von Kindern aus Unteroker und Harlingerrode

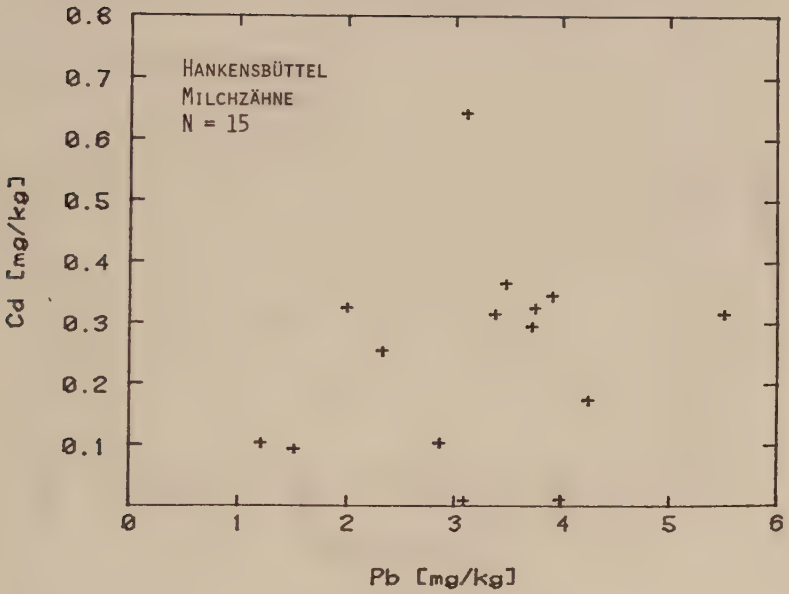


Abb. 14 Datendiagramm Blei - Cadmium in den Zähnen
von Kindern aus Hankensbüttel

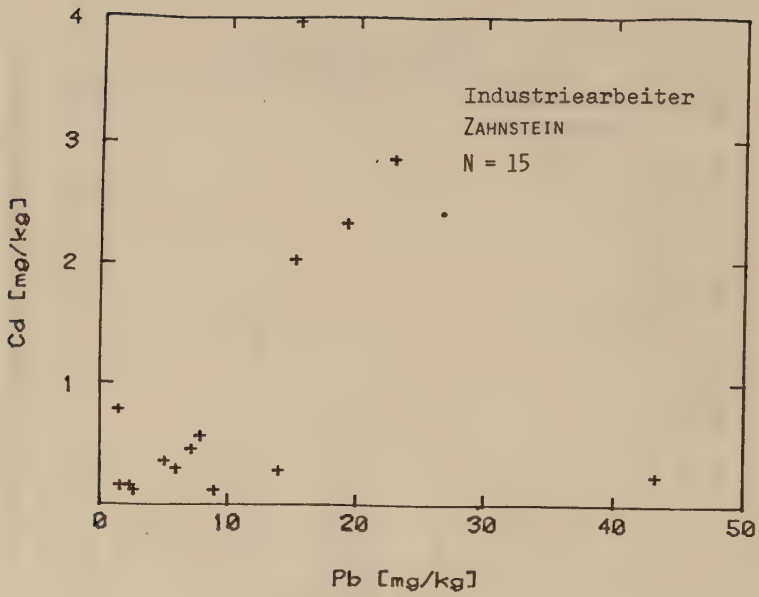


Abb. 15 Datendiagramm von Blei und Cadmium im Zahnstein von Industriearbeitern

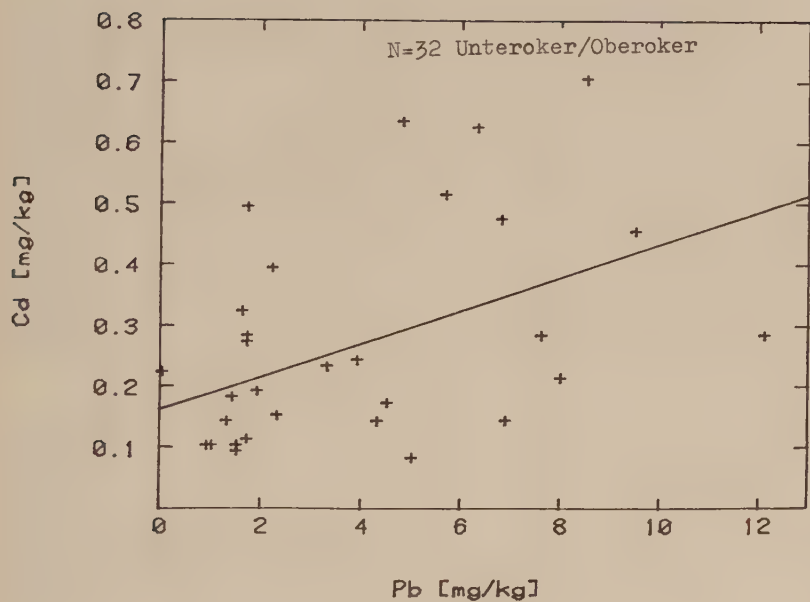


Abb. 16 Korrelationsdiagramm zwischen Blei und Cadmium im Zahnstein von Erwachsenen aus Unteroker und Oberoker

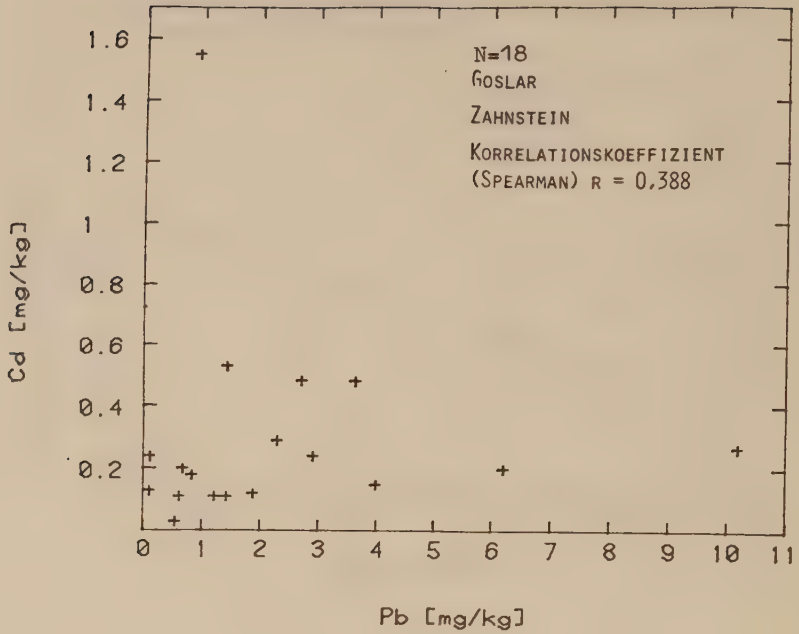


Abb. 17 Datendiagramm von Blei und Cadmium im
Zahnstein von Erwachsenen aus Goslar

Kollektive	Zahl d. Werte	Spearman'scher Korre- lationskoeffizient	Pearson'scher Korrelations- koeffizient	Signifikanzniveau der Korrelation (Spearman) einseitig
Zahnstein: Unter-/ober- oker				
Pb ----- Cd	32	0,5311	0,4607	99% (signifikant)
Zahnstein: Industriearbeiter				
Pb ----- Cd	15	0,4472	0,3221	95% (wahrscheinlich)
Zahnstein : Goslar				
Pb ----- Cd	18	0,3884	-0,0311	<95% (nicht signifi- kant)
Zahnstein: Wolfsburg (nur Werte- paare über Nachweisgrenze)				
Pb ----- Cd	11	-0,018	-0,1841	<95% (nicht signifi- kant)
Milchzähne: Hankensbüttel				
Pb ----- Cd	15	0,2274	0,2133	<95% (nicht signifi- kant)
Milchzähne: Unteroker Harlingerode				
Pb ----- Cd	26	0,544	0,4789	99% (signifi- kant)

Tabelle 4 Zusammenstellung der Korrelation zwischen Blei
und Cadmium aller untersuchten Kollektive

6. DISKUSSION

6.1. Milchzähne

Bemerkenswert ist, daß zwischen dem Blei- und Cadmiumgehalt der Milchzähne von Kindern aus Unteroker und Harlingerode kein signifikanter Unterschied besteht. Sollte eine gegenüber Unteroker vermehrte Umweltbelastung mit Schwermetallstäuben in Harlingerode die Kontamination der Kinder aus Unteroker mit Haldenmaterial aufwiegen?

Beide Kollektive sind mit einem Median des B l e i - g e h a l t s von $7,0 \mu\text{g}$ Blei pro g Zahn deutlich höher belastet als die Kontrollgruppe aus Hankensbüttel mit $3,37 \mu\text{g}$ Blei pro g Zahn.

Auch der Median des C a d m i u m g e h a l t s liegt mit $0,39 \mu\text{g}$ Cadmium pro g Zahn höher als jener aus Hankensbüttel mit einem Median von $0,29 \mu\text{g}$ Cadmium pro g Zahn.

6.1.1. Literaturvergleich der Bleigehalte

Nach einer Untersuchung von AURAND 1973 hatten Kinder aus Nordenham, wo ebenfalls eine Bleihütte existiert, einen Bleigehalt mit einem Median von $7,6 \mu\text{g}$ Blei pro g Zahn und ist somit unserem Ergebnis mit einem Median von $7,0 \mu\text{g}$ Blei pro g Zahn der Kinder aus Unteroker/Harlingerode fast identisch.

Eine weitere deutsche Arbeit von EWERS 1979 im Gebiet der Bleiindustrie in Duisburg zeigt, daß der Zahnbleigehalt bei einem großen Probenmaterial von 690 Zähnen einen Median von nur $4,57 \mu\text{g}$ Blei pro g Zahn aufweist.

Seine Kontrollgruppe aus Gummersbach hatte mit einem Median von 2,74 µg Blei pro g Zahn annähernd den gleichen Zahnbleigehalt wie die Kontrollgruppe unserer Untersuchung.

Bei diesen Arbeiten handelt es sich ausschließlich um Milchschnidezähne.

Die Werte aus der Untersuchung von MACKIE im englischen Industrieort Birmingham liegen mit einem arithmetischen Mittelwert von 11,8 µg Blei pro g Zahn höher als der vergleichbare Mittelwert von 7,67 µg Blei pro g Zahn unseres Kollektivs aus Unteroker/Harlingero-de. Der normalzivilisatorische Bleigehalt der Milchzähne bei Kindern aus Oslo nach einer Analyse von ATTRAMADAL 1976 liegt mit 5,6 µg Blei pro g Zahn deutlich über unserem Normalkollektiv. Aus amerikanischen Untersuchungen ist zu entnehmen, daß der Zahnbleigehalt in den USA wesentlich höher liegt, als europäische Ergebnisse zeigen.

Qualitative Vergleiche sind nicht möglich, da nicht bei allen Autoren nur Milchschnidezähne untersucht worden sind.

Nach LOCKERETZ 1975 und MACKIE 1977 soll ja der Bleigehalt von den Milchschnidezähnen zu den Milchmolaren hin abnehmen.

Mit einem Median von 7,0 µg Blei pro g Zahn der Kinder aus Unteroker/Harlingero-de haben wir zwar den bisher deutschen Spitzenwert von 7,6 µg Blei pro g Zahn aus der Untersuchung in Nordenham erreicht, liegen damit aber auf der Skala vergleichbarer internationaler Ergebnisse im unteren Bereich.

6.1.2. Literaturvergleich der Cadmiumgehalte

Der arithmetische Mittelwert von 0,404 μg Cadmium pro g Zahn unseres belasteten Kollektivs ist dem normalzivilisatorischen Cadmiumgehalt von 0,427 μg pro g Zahn einer norwegischen Veröffentlichung von FOSSE und JUSTESEN 1977 gleich. (Die Arbeit bezieht sich auf ganze Milchzähne ohne spezielle Unterscheidung.)

PINCHIN ermittelte 1978 an Milchschnidezähnen industriell unbelasteter Kinder aus Newcastle (Großbritannien) Werte von 0,25 μg und 0,28 μg Cadmium pro g Zahn. Das sind Werte, die unserer Kontrollgruppe entsprechen. Die Milchmolaren hatten geringere Cadmiumkonzentrationen.

STACK analysierte von 1957 bis 1973 in Großbritannien und WILKINSON und PALMER 1975 in den USA zehnfache Zahncadmiumgehalte verglichen mit unseren Werten. Sie verwendeten verschiedene Zahntypen.

Vergleicht man die Mediane der Arbeit von AURAND 1973 mit dem Median unseres belasteten Kollektivs, so liegt der Milchzahncadmiumgehalt von Kindern aus Brake mit 0,5 μg Cadmium pro g Zahn noch höher und der aus Nordenham fast doppelt so hoch mit 0,7 μg Cadmium pro g Zahn. Nach den Untersuchungen ATTRAMADALS 1976 aus Oslo und LOSEE in den USA, die einen normalzivilisatorischen arithmetischen Mittelwert für Cadmium in Milchzähnen von 0,10 μg pro g Zahn analysieren, scheint sogar unsere Kontrollgruppe mit 0,241 μg pro g Zahn belasteter zu sein.

Wie weit die Rauchgewohnheiten der Eltern eine Rolle spielen, läßt sich an dieser Stelle nicht sagen.

Insgesamt liegen damit die Cadmiumwerte unserer Kollektive teils über und teils unter den Werten aus anderen Gebieten Europas und den USA.

6.2. Zahnstein

Das Kollektiv der Industriearbeiter mit einer beruflich unterschiedlichen Schwermetallbelastung weist mit einem Median von 7,8 µg Blei pro g Zahnstein mindestens die dreifachen B l e i g e h a l t e auf gegenüber den anderen Kollektiven mit Medianen von 2,25 µg/g, 1,4 µg/g, < 1,5 µg Blei pro g Zahnstein.

Erstaunlich ist es, daß kein Unterschied zwischen dem Bleigehalt im Zahnstein bei Personen aus Unter- oder Oberoker bestand, und daher zu einem Kollektiv zusammengefaßt werden konnte.

Der Zahnstein von Personen aus Goslar-Jürgenohl, im Windschatten des Industriegebietes Goslar-Oker, weist gleiche Bleigehalte auf wie das industriell unbelastete Kollektiv Wolfsburgs.

Der Wert des C a d m i u m g e h a l t s beim Zahnstein der Industriearbeiter liegt als einziger mit einem Median von 0,34 µg pro g Zahnstein höher als die fast gleichen Werte aller anderen Kollektive unserer Untersuchung.

Nach FOSSE und JUSTESEN sollen Zähne im subtoxischen Bereich nicht die wirkliche Körperbelastung widerspiegeln. Das mag auch auf den Zahnstein zutreffen. Möglicherweise überwiegt außerhalb der berufsbedingten Kontamination mit Cadmium die Aufnahme durch die Nahrung und das Rauchen, so daß diese Kollektive keinen signifikanten Unterschied aufweisen.

6.2.1. Literaturvergleich der Bleigehalte

Der Bleigehalt im Zahnstein der Industriearbeiter Okers mit einem arithmetischen Mittelwert von $11,4 \mu\text{g}$ Blei pro g Zahnstein liegt niedriger im Vergleich zu Arbeitern einer Akkumulatorenfabrik aus einer Untersuchung von SONNABEND und HERZOG 1976/1977, die einen Mittelwert von $14,01 \mu\text{g}$ Blei pro g Zahnstein aufweisen. Weit darüber lagen die Bleiwerte von Chemiarbeitern mit $45,34 \mu\text{g/g}$ und Kraftfahrzeugindustriearbeitern mit $52,87 \mu\text{g}$ Blei pro g Zahnstein.

Der normalzivilisatorische Bleigehalt im Zahnstein von Personen aus München bei einer Arbeit von SONNABEND und EMSLANDER 1978 wies einen Mittelwert von $4,37 \mu\text{g}$ Blei pro g Zahnstein auf.

SONNABEND und HOHMANN ermittelten 1979 einen Median für ein ähnliches Kollektiv von $4,95 \mu\text{g}$ Blei pro g Zahnstein und $8,90 \mu\text{g/g}$ aufgeteilt nach einer bestehenden Parodontitis marginalis profunda und superficialis der Testpersonen. Da wir aus Mangel an Probenmaterial nicht darin unterscheiden konnten, mußte zum Vergleich ein Zwischenwert angenommen werden. Der Median unserer Untersuchungen liegt mit $2,25 \mu\text{g}$ Blei pro g Zahnstein für Ober- und Unteroker noch weit niedriger.

Der Mittelwert dieses Kollektivs mit $3,83 \mu\text{g}$ Blei pro g Zahnstein kommt dem Wert von EMSLANDER, $4,37 \pm 2,12 \mu\text{g}$ Blei pro g Zahnstein, sehr nahe. Die normalzivilisatorische Bleibelastung in München scheint höher zu liegen als die in Goslar-Jürgenohl und Wolfsburg.

BACZYK stellte 1979 in Polen einen sechsfachen Bleigehalt des Zahnsteins bei Bleiarbeitern gegenüber Büroangestellten fest. Die Industriearbeiter Okers haben gegenüber der Kontrollgruppe einen fünffachen Bleigehalt im Zahnstein.

6.2.2. Literaturvergleich der Cadmiumgehalte

Zum Vergleich liegt bisher nur eine Untersuchung von SONNABEND und HERZOG 1976/77 vor, bei der Chemiewerker einen Mittelwert von $0,84 \mu\text{g}$ Cadmium pro g Zahnstein aufweisen, der dem Mittelwert von $0,958 \mu\text{g}$ Cadmium pro g Zahnstein der Industriearbeiter aus Oker fast entspricht. Die Verkehrspolizisten mit $0,49 \mu\text{g/g}$, Arbeiter in der Kraftfahrzeugindustrie mit $0,27$ und Arbeiter im Akkumulatorenbau mit $0,04 \mu\text{g}$ Cadmium pro g Zahnstein liegen weit darunter. Die Normalpersonen Münchens weisen einen Mittelwert von $0,11 \mu\text{g}$ Cadmium pro g Zahnstein auf.

Alle unsere nicht beruflich mit Cadmium kontaminierten Kollektive haben mit Mittelwerten von $0,26 - 0,29 \mu\text{g}$ Cadmium pro g Zahnstein höhere Cadmiumgehalte als Münchener Normalpersonen. Diese 2 Untersuchungen wurden im gleichen Institut und mit gleichen Methoden durchgeführt.

Man könnte daraus auf eine vermehrte Cadmiumaufnahme mit der Nahrung in den letzten fünf bis sechs Jahren schließen.

6.3. Vergleich zwischen Zahnstein und Milchzähnen

Aus der Dissertation von EMSLANDER 1978 geht hervor, daß bei Normalpersonen der Zahnstein die gleichen Bleigehalte in Mittelwerten aufweisen soll wie die Zahnwurzel und die Alveolarknochen, die Zahnkrone jedoch signifikant weniger. Hier handelt es sich um bleibende Zähne.

Versucht man, diese Tatsache auf unsere Kollektive anzuwenden, könnte gefolgert werden, daß die Kinder aus Unteroker/Harlingerode kumulativ bleibelasteter sind als die Erwachsenen dieser Region. Das entspräche auch der aktuellen Bleibelastung, die AURAND und HOFFMEISTER 1980 in Oker ermittelten.

Die B l e i b e l a s t u n g der Milchzähne und des Zahnsteins ist in Mittelwerten folgende:

1. Industriearbeiter mit 11,4 µg Blei/g Zahnstein
2. Kinder aus Unteroker/
Harlingerode mit 7,67 µg Blei/g Zahn
3. Erwachsene aus Unter-
oker/Harlingerode mit 3,83 µg Blei/g Zahnstein
4. Die Kontrollgruppen, einschließlich Goslar, liegen mit den Bleiwerten noch darunter.

Um aber Schlüsse daraus ziehen zu können, bedarf es einer Vergleichsstudie zwischen der Zahnstein- und Milchzahnbelastung.

Die C a d m i u m g e h a l t e der Milchzähne aus Unteroker/Harlingerode und des Zahnsteins der Industriearbeiter weisen gleiche Mediane von 0,39 µg Cadmium pro g Zahn beziehungsweise 0,34 µg pro g Zahnstein

auf, also höhere Mediane als bei Bewohnern Unter- und Oberokers mit 0,215 µg Cadmium pro g Zahnstein.

Milchzähne scheinen mehr Cadmium zu speichern als Zahnstein, betrachtet man die Kontrollgruppe aus Hankensbüttel mit einem Median von 0,29 µg Cadmium pro g Zahn gegenüber dem Zahnstein Wolfsburgs mit einem Median von 0,18 µg Cadmium pro g Zahnstein.

Auch hier bedarf es weiterer Vergleichsstudien zwischen der Milchzahn- und Zahnsteinbelastung.

6.4. Vergleiche mit Haaruntersuchungen

AURAND stellte 1980 beim B l e i g e h a l t der Haare von Kindern aus Unteroker einen zweieinhalbfachen Wert gegenüber Kindern aus Helgoland und Berlin fest. Beim C a d m i u m g e h a l t konnte er keinen signifikanten Unterschied erkennen.

Bei unseren Zahnbleigehalten aus dem gleichen Gebiet Unterokers können wir den zweifachen Bleigehalt gegenüber der Kontrollgruppe feststellen. Beim Zahncadmiumgehalt haben wir aber einen signifikant erhöhten Median gegenüber unserer Kontrollgruppe. Vielleicht ist die Bleieinlagerung in Haaren und Zähnen gleich, aber nicht die des Cadmiums.

6.5. Beziehungen zwischen Blei- und Cadmiumgehalten

6.5.1. Milchzähne

Um zu untersuchen, ob steigende Cadmiumgehalte mit steigenden Bleigegehalten in Milchzähnen einhergehen, wurde der SPEARMAN'sche Korrelationskoeffizient für die Kollektive Unteroker/Harlingerode und Hankensbüttel berechnet.

Da, wie vorher unter 5.2. gezeigt, die Verteilung der Blei- und Cadmiumgehalte nicht einer Normalverteilung folgt, ist dieser verteilungsunabhängige Korrelationskoeffizient geeigneter als der PEARSON'sche Korrelationskoeffizient. Die hierbei erhaltenen Ergebnisse wurden in Tabelle 4 aufgeführt.

Zur graphischen Veranschaulichung sind die entsprechenden Datendiagramme in den Abbildungen 13 und 14 dargestellt.

Wie aus dieser Tabelle 4 ersichtlich, besteht eine signifikante (99 % Signifikanzniveau) positive Korrelation zwischen dem Blei- und Cadmiumgehalt in den Milchzähnen aus Unteroker und Harlingerode. Die mit Hilfe der linearen Regressionsanalyse berechnete Regressionsgerade ist in Abbildung 13 mit eingezeichnet worden.

Keine Korrelation (Signifikanzniveau $< 95\%$) wurde dagegen für das Kontroll-Kollektiv aus Hankensbüttel beobachtet. Aus Abbildung 14 und Tabelle 4 ersichtlich.

6.5.2. Zahnstein

Ein ähnliches Verhalten für die Korrelation zwischen Cadmium und Blei wie in Milchzähnen wurde auch im Zahnstein beobachtet. Die entsprechenden Korrelations-Koeffizienten für die verschiedenen Kollektive sind in Tabelle 4 und in den Datendiagrammen 15, 16 und 17 zu finden.

Bei dem Zahnstein des Wolfsburger Kollektivs waren sowohl für Cadmium als auch für Blei Histogramme und Datendiagramme nicht möglich, da zu viele Werte unter der Nachweisgrenze lagen.

Wie Tabelle 4 zeigt, ist für das vermutlich belastete Kollektiv Unteroker-Oberoker eine positive Korrelation nachweisbar (Signifikanzniveau 99 %). Die entsprechende Regressionsgerade ist im zugehörigen Datendiagramm, Abbildung 16, mit eingezeichnet.

Ebenfalls ist diese Korrelation für die Industriearbeiter, wenn auch in etwas geringerem Ausmaß (95 % Signifikanzniveau), erkennbar.

Keine Korrelation zwischen Blei und Cadmium konnte dagegen für die nichtbelasteten Kollektive aus Goslar und Wolfsburg gefunden werden (< 95 % Signifikanzniveau).

Ähnliche Korrelationsuntersuchungen zwischen Blei und Cadmium wurden von anderen Autoren bisher nicht durchgeführt.

Unsere Ergebnisse deuten jedoch darauf hin, daß positive Korrelationen zwischen Blei und Cadmium in Milchzähnen sowie im Zahnstein charakteristisch sind für Personenkollektive aus der Umgebung von Hüttenbetrieben.

In normalzivilisatorisch belasteten Bevölkerungsgruppen treten diese, wie ersichtlich, nicht auf.

7. ZUSAMMENFASSUNG

Es wurde versucht, eine ausführliche Situationsdarstellung der schwermetallbelasteten Hüttenregion Goslars zu geben.

Vier Kollektive aus diesem Hüttenbereich wurden untersucht, um die langfristige und kumulative Schwermetallbelastung der Bevölkerung durch Blei und Cadmium zu erkennen.

Experimentell wurden bei 15 Industriearbeitern, 32 Personen aus Unteroker/Oberoker, 18 Personen aus Goslar und 41 Personen aus Wolfsburg als Kontrollgruppe der Zahnstein auf Blei- und Cadmiumgehalte analysiert. Außerdem gelangten Milchzähne von 26 Kindern aus Unteroker/Harlingerode und von 15 Kindern aus Hankensbüttel als Kontrollkollektiv zur Untersuchung auf Blei- und Cadmiumgehalte.

Die Messungen zeigten, daß der B l e i g e h a l t der Milchzähne aus Unteroker/Harlingerode signifikant über den entsprechenden Werten aus Hankensbüttel liegt. Für den Bleigehalt des Zahnsteins ergab sich, daß er hoch signifikant höher liegt bei den Industriearbeitern, signifikant höher bei Personen aus Unteroker/Oberoker als die gleichen Werte für Personen aus Goslar und Wolfsburg.

Der C a d m i u m g e h a l t der Milchzähne aus Unteroker/Harlingerode liegt signifikant über den entsprechenden Werten aus Hankensbüttel.

Beim Cadmiumgehalt des Zahnsteins liegen die Werte für die Industriearbeiter signifikant über den gleichen Werten für Personen aus Unteroker/Oberoker, Goslar und Wolfsburg.

Es wurde eine signifikante positive Korrelation zwischen Blei- und Cadmiumgehalten bei belasteten jedoch nicht bei unbelasteten Personengruppen gefunden. Dies gilt für die Milchzähne als auch für den Zahnstein.

Die Werte unserer Arbeit wurden mit den Daten aus Untersuchungen in Europa und den USA anhand einer Literaturstudie verglichen.

- 5 AURAND, K.
 HOFFMEISTER, H.
 Ad-hoc-Felduntersuchungen
 über die Schwermetallbe-
 lastung der Bevölkerung
 im Raum Oker im März 1980
 Dietrich Reiner Verlag
- 6 BACZYK, S.
 MIELCARZ, G.
 STAWINSKI, K.
 Method of lead determi-
 nation in tartar by
 means of flameless
 spectrophotometry.
 Czas. Stomatol. 32 (5)
 409 - 413 Jun. 79
 (Engl. Abstr.)
- 7 BARRY, P. S.
 A comparison of concen-
 trations of lead in human
 tissues
 Br. J. Ind. Med. 32
 119 - 139 (1975)
- 8 BAWDEN, J. W.
 HAMMARSTRÖM, L. F.
 Distribution of Cadmium
 in Developing Teeth and
 Bone of Young Rats.
 Scand. J. Dent. Res. 83
 179 - 186 (1975)
- 9 BRUDEVOLD, F.
 REDA, A.
 AASENDEN, R.
 BAKHOS, Y.
 Determination of trace
 elements in surface
 enamel of human teeth
 by a new biopsy procedure
 Arch. oral. Biol. 20
 667 - 673 (1975)

- 15 CURZON, M. E. J.
CROCKER, D. C.
Relationship of trace
elements in human tooth
enamel to dental caries
Arch Oral Biol 23 (8)
647 - 653 (1978)
- 16 EMSLANDER, N.
Untersuchungen über den
Bleigehalt im Zahnstein,
Zahnhartgeweben, Alveo-
larknochen und venösen
Blut
Med. Diss. München (1978)
- 17 EWERS, U.
BROCKHAUS, A.
GENTER, E.
IDEL, H.
SCHÜRMANN, E. A.
Untersuchungen über den
Zahnbleigehalt von Schul-
kindern aus 2 unter-
schiedlich belasteten
Gebieten in Nordwest-
deutschland
Int. Arch. Occup. Environ.
Health 44, 65 - 80 (1979)
- 18 FOSSE, G.
JUSTESEN, N.-P. B.
Cadmium in deciduous teeth
of Norwegian children
Int. J. Environ. Stud. 11
17 - 27 (1977)
Int. J. Environ. Stud. 13
19 - 34 (1978)

- 25 HABERCAM, J. W. Lead content of human blood,
KEIL, J.-E. hair and deciduous teeth:
REIGART, J. R. correlation with environ-
CROFT, H. W. mental factors and growth
J. Dent. Res. 53,
1.160 - 1.163 (1974)
- 26 HECKER, L. H. Heavy metal levels in
ALLEN, H. E. acculturated and un-
DINMAN, B. D. acculturated populations
NEEL, J. V. Arch. Environ. Health 29
181 - 185 (1974)
- 27 HERZOG, J. Untersuchungen über Blei-
 und Cadmiumgehalt des
 menschlichen Zahnsteins
Med. Diss. München (1977)
- 28 HINTZE, V. Zur Zahnpflege in Blei-
 betrieben
Berl. klin. Wschr. 49
1.041 - 1.042 (1912)
- 29 HOHMANN, R. Der Bleigehalt im Zahn-
 stein bei Parodontopathien
Med. Diss. München (1979)
- 30 HOSCHEK, R. Zwei schwere Vergiftungs-
OEHLER, K. E. fälle durch bleihaltiges
 Trinkwasser
Mat. Med. Nordm. 32
316 - 320 (1980)

- 36 LAUWERYS, R. Cadmium in man p 433 - 455
Chapter II in chemistry,
biochemistry and biology
of cadmium
(M. Webb, Editor)
Elsevier/North-Holland
Amsterdam (1979)
- 37 LAUWERYS, R. Internation workshop on
BERNARD, A. biological indicators on
ROELS, H. cadmium exposure diagnostic
BUCHET, J. P. and analytical reliability
(commission of the European
Communities)
Luxemburg 7. - 9. July 1982
- 38 LEWIS, G. Conférence Slanchev BRUAG
JUSKO, W. (Bulgariae),
COUGHLIN, L. 20. - 24. Sept. (1971)
GALINS, M. zitiert bei AURAND (1973)
- 39 LOCKERETZ, W. Lead content of deciduous
teeth of children in
different environments
Arch. Environ. Health 30,
583 - 587 (1975)
- 40 LOSEE, F. L. Trace dement concentrations
CURZON, M. E. J. in human enamel
LITTLE, M. F. Arch. oral. Biol. 19,
467 - 470 (1974)
- 41 MACKIE, A. C. Tooth lead levels in
STEPHENS, R. Birmingham children
TOWNSEND, A. Arch. Environ. Health 32
WALDRON, H. A. 4, 178 - 185 (1977)

- 42 MOORE, M. R. The association between lead concentrations in teeth and domestic water lead concentrations
Clin. Chim. Acta 87,
77 - 83 (1978)
- 43 NEEDLEMAN, H. L.
GUNNOE, C.
LEVITON, A.
REED, R.
PERESIE, H.
MAHER, C.
BARRET, P. Deficits in psychologie and classroom performance of children with elevated dentine lead level
N. Engl. J. Med. 300,
689 - 695 (1979)
- 44 NIEDERS. SOZIAL-
MINISTERIUM Umweltschutz in Niedersachsen, Reinhaltung der Luft
Heft 5 Juli (1979)
Heft 6 Juli (1981)
- 45 NRIAGU, J. O. Cadmium in the environment
part I Ecological cycling
part II Health effects
New York: Wiley (1980)
ISBN: 0-471-06455-6
ISBN: 0-471-05884-X
- 46 PFRIEME, F. Über den normalen und pathologischen Bleigehalt der Zähne von Menschen und Tieren
Med. Diss. Halle (1934)

- 47 PINCHIN, M. J. Lead, copper and cadmium
NEWHAM, J. in teeth of normal and
THOMPSON, R. P. J. retarded children
Clin. Chim. Acta 85
89 - 94 (1978)

- 48 PREUSSAG Bericht über das
Geschäftsjahr 1980

- 49 RABIONOWITZ, M. B. Kinetic analysis of lead
WETHERILL, G. N. metabolisme in healthy
KOPPLE, J. D. humans
J. clin. Invest. 58,
260 - 270 (1976)

- 50 ROELS, H. The critical concentration
BERNARD, A. of cadmium in the renal
BUCHET, J. P. cortex and in urine in man
GORET, A. Lancet 1, 221 (1979)
LAUWERYS, R.
CHETTLE, D. R.
HARVEY, T. C.
HADAD, I. K.

- 51 SANSONI, B. Mikrobestimmung von Blei
KRACKE, W. in verschiedenartigen Um-
DIETL, F. weltproben durch flammen-
FISCHER, J. lose Atomabsorption nach
externer Naßveraschung mit
 H_2O_2/Fe^{2+} Procudings of the
international Symposium
Environmental Health
aspects of lead
Amsterdam Oct. 2 - 6
(1972)

- 52 SANSONI, B.
KRACKE, W.
Gefahren aus der Glasur von
Keramikgeschirr?
GSF - Information 2 (1973)
(Gesellschaft f. Strahlen-
u. Umweltforschung, München)
- 53 SAVOT, Dr.
Poisoning by a powdered silver
polishing agent
presse med. (bel.)
10, 69 - 70 (1858)
- 54 SCHALLER, K. H.
GONZALES, J.
THÜRAUF, J.
SCHIELE, R.
Früherkennung von Nieren-
schäden bei beruflich
gegenüber Blei, Queck-
silber und Cadmium ex-
ponierten Personen
Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt.
Orig. B 171, 320 - 335
(1980)
- 55 SCHALLER, K. H.
Anhörung zu Cadmium
Protokoll der Sachver-
ständigenanhörung
Berlin 2. - 4. Nov. 1981
D 2 27 - 37
Herausgegeben vom Bundes-
umweltamt Berlin, Mai 1982
- 56 SHEARER, T. R..
JOHNSON, J. R.
DeSART, D. J.
Cadmium gradient in human
and bovine enamel
J. Dent. Res. Jun. 59 (6)
1.072 (1980)

- 57 SHAPER, A. G. Effects of alcohol and
POCOCK, S. J. smoking on blood lead in
WALKER, M. middleaged British men.
WALE, C. J. British Medical Journal
CLAYTON, B. 284, 299 - 302 (1982)
DELVES, H. T.
HINKS, L.
- 58 SINGHAL, R. L. Lead Toxicity
THOMAS, J. A. Urban und Schwarzenberg ISBN
3-541-71801-3 München (1980)
- 59 SONNABEND, E. Untersuchungen über den
SANSONI, B. Blei- und Cadmiumgehalt
HERZOG, J. im Zahnstein bei ver-
KRACKE, W. schiedenen Berufsgruppen
Dtsch. zahnärztl. Z. 31,
189 - 191 (1976)
- 60 SONNABEND, E. Die Vorteile der Bestim-
BUNZL, K. mung von Umwelteinflüssen
KRACKE, W. durch Blei und Cadmium im
Bereich des Gebisses und
das Verhalten dieser Werte
bei den verschiedenen
Parodontopathien
I Die Quintessenz 29 (4)
119 - 124 (1978)
II Die Quintessenz 29 (5)
95 - 98 (1978)
- 61 STREHLOW, C. D. The use of deciduous teeth
as indicators of lead ex-
posure
J. Dent. Res. 53,
1.078 (1974)

- 62 SUMINO, K. Heavy metals in normal
HAYAKAWA, K. Japanese tissues
SHIBAT, T. Arch. Environmental Health
KITAMURA, S. 30 487 - 494 (1975)
- 63 STACK, M. V. Lead in children's teeth
BURKITT, A. J. Nature 255, 169 (1975)
NICKLESS, G.
- 64 STÖFEN, D. Über die Mobilisierung des
im Organismus angesammelten
Bleis und ihre Folgen
Therapiewoche 28,
8.484 - 8.488
Verlag G. Braun
7500 Karlsruhe (1978)
- 65 TILL, T. Bericht über Spurenanalysen
SCHUBERT, K. an menschlichen Zähnen
ZWR, 86, 66 - 68 (1977)
- 66 TIMM, F. Histochemischer Nachweis
des normalen Bleis im
menschlichen Hartgewebe
Virch. Arch. path. Anat.
297, 502 - 507 (1936)
- 67 WILKINSON, D. R. Lead in teeth as a
PALMER, W. function of age
Amer. Lab. 1, 67 - 70
(1975)

68 WINNEKE, G.
HRDINA, K.

Neuropsychologische
Untersuchungen an Kindern
mit erhöhtem Zahnblei-
gehalt
Deutsche Gesellschaft f.
Hygiene u. Mikrobiologie
e. V.
Vortrag bei der Arbeits-
tagung am 2. u. 3. Okt.
i. Mainz (1978)

LEBENS LAUF

Name: Sonntag-Dierks, geb. Kiegeland
Vorname: Leonore
geboren: 29. September 1936 in Braunschweig
Schulbildung: 1942 Einschulung
1951 - 1958 Lessingschule, neusprachliches und mathematisch-naturwissenschaftliches Gymnasium in Kurzform, Braunschweig
Abitur: 1958 Lessingschule
Latinum: 1961 Wilhelm-Gymnasium, Braunschweig
Studiengang: Sommersemester 1958 Immatrikulation an der Georg-August-Universität, Göttingen
nur Sommersemester 1959 Christian-Albrechts-Universität, Kiel
Zahnärztliche Vorprüfung 16.10.1961, Göttingen
Zahnärztliche Prüfung 03.06.1964, Göttingen
1. Verhehelichung: mit Dr. med. dent. Gerd Sonntag
Kinder: Christiane Sonntag 1965
Martin Sonntag 1967
Arbeitsverhältnisse: Juli 1964 bis Juni 1965 Verwalterin einer Assistentenstelle der Universitätszahnklinik, Göttingen
1966 - 1972 Assistentin in freier Praxis beim Ehemann
Niederlassung: 1972 in Wolfsburg in Gemeinschaftspraxis mit Ehemann
1980 in eigener Praxis in Wolfsburg
2. Verhehelichung: mit Gunther J. Dierks
Kinder: Christian Dierks 1960
Carolyn Dierks 1963

Wolfsburg, im September 1982

